



Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE ECOLOGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



**“Determinación de la cantidad de partículas atmosféricas sedimentables,
mediante el método de muestreo pasivo, en la ciudad de Morales,
provincia de San Martín, 2015.”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

Autor:

Bach. Francie Stefanny Flores Rojas.

Asesor:

Ing. M. Sc. Manuel Ramírez Navarro.

Nº de Código: 06051812

Moyobamba - Perú

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE ECOLOGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

**“Determinación de la cantidad de partículas atmosféricas
sedimentables, mediante el método de muestreo
pasivo, en la ciudad de Morales, provincia
de San Martín, 2015.”**

PRESENTADO POR:


Bach. Francie Stefanny Flores Rojas.

**Sustentada y aprobada ante el honorable jurado
el 28 de febrero de 2017**


.....
Ing. M.Sc. Mirtha Felícita Valverde Vera
Presidente


.....
Blgo. M. Sc. Alfredo Iban Díaz Visitación
Secretario


.....
Ing. Gerardo Cáceres Bardález
Miembro


.....
Ing. M. Sc. Manuel Ramírez Navarro
Asesor

2017

Declaratoria de Autenticidad

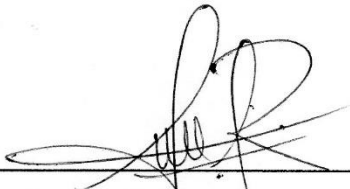
Yo, **Francie Stefanny Flores Rojas**, egresada de la **Facultad de Ecología**, de la Escuela profesional de **Ingeniería Ambiental**, de la **Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto**, identificada con DNI N° **70655267**, Domiciliada en **Carretera a San Antonio de Cumbaza N° 105 – Morales**, con la tesis titulada **“Determinación de la cantidad de partículas atmosféricas sedimentables, mediante el método de muestreo pasivo, en la ciudad de Morales, provincia de San Martín, 2015”**.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 15 de mayo del 2018.


Francie Stefanny Flores Rojas
DNI N° **70655267**



Formato de autorización *NO EXCLUSIVA* para la publicación de trabajos de investigación, conducente a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: FLORES ROJAS FRANCIE STEFANNY	
Código de alumno : 095109	Teléfono: 942492291
Correo electrónico: francie.fr11@gmail.com	DNI: 70655267

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de: ECOLOGÍA
Escuela Profesional de: INGENIERÍA AMBIENTAL

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título: " DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE PARTÍCULAS ATMOSFÉRICAS SEDIMENTABLES, MEDIANTE EL MÉTODO DE MUESTREO PASIVO, EN LA CIUDAD DE MORALES, PROVINCIA DE SAN MARTÍN, 2015 "
Año de publicación: 2018

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma del Autor

8. Para ser llenado por la Biblioteca Central

Fecha de recepción del documento por el Sistema de Bibliotecas:

16 / 05 / 2018



Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM – T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

DEDICATORIA

A mi hermosa familia. Mis padres, Jaime y Semira, que hicieron que mi proyecto sea una realidad, que me brindaron su apoyo y amor en todo momento; a mis hermanos, Ximena y Pablo, que me brindaron su cariño y respeto; a y mi sobrino Adriano, que me contagio con su alegría en días de tensión y preocupación.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y la sabiduría, para cumplir con mis sueños, metas y anhelos.

A las personas que contribuyeron, compartieron sus conocimientos para la realización de este trabajo de investigación:

- A mis padres por el apoyo emocional, económico y sobre todo por su gran amor que me brindan.
- Al asesor de mi Tesis, Ing. M. Sc. Manuel Ramírez Navarro, por su gran conocimiento que me compartió.
- A mis jurados, que también me compartieron sus conocimientos y por humildad mostrada.
- A todos mis familiares y amigos, que de una u otra forma aportaron con sus ideas para la realización de mi proyecto de tesis.

INDICE

CARATULA	i
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
INDICE	viii
INDICE DE TABLAS	xi
INDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.Planteamiento del problema	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivos generales	2
1.2.2. Objetivos específicos	2

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación	3
2.2. Bases teóricas	6
2.2.1. Contaminación atmosférica	6
2.2.2. Partículas en suspensión	6
2.2.3. Composición	7
2.2.4. Distribución de las partículas	8
2.2.5. Clasificación de las partículas suspendidas en el aire	9
2.2.6. Tipos principales de partículas atmosféricas	9
2.2.7. Tipo de fuentes	12
2.2.8. Productos derivados de un proceso natural o antropogénico	14
2.2.9. Efectos de las partículas sobre el ser humano	15
2.2.10. Efectos de las partículas sobre la vegetación	16
2.2.11. Efectos de las partículas sobre los materiales	17
2.2.12. Impacto en el ambiente	18
2.2.13. Medidas de protección para la salud	19
2.3. Definición de términos	20

CAPÍTULO III: MARCO METODOLOGICO

3.1. Sistema de Hipótesis	23
3.2. Sistema de Variables	23
3.2.1. Variable independiente	23
3.2.2. Variable dependiente	23
3.3. Tipo y nivel de investigación	23
3.3.1. De acuerdo con la orientación	23
3.3.2. De acuerdo con la técnica de contrastación	23
3.4. Diseño de investigación	23
3.5. Población y muestra	24
3.5.1. Población	24
3.5.2. Muestra	25
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	25
3.6.1. Técnicas de recolección de datos	25
3.6.1.1. Fuentes primarias	25
3.6.1.2. Fuentes secundarias	25
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos	25
3.6.3. Metodología	26
3.6.3.1. Metodología de campo	26
3.6.3.2. Parámetros a evaluar	26
3.6.3.3. Normativa	26
3.6.3.4. Determinación y ubicación	27
3.6.3.5. Procedimiento para su ubicación	28
3.6.3.6. Procedimiento de recolección y análisis de muestreo	29
3.6.3.7. El pesado	29
3.7. Técnicas del procesamiento y análisis de datos	30

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Características socio ambientales	31
4.1.1. Resultados de las concentraciones	32
4.1.2. Mapa de Riesgo	43
4.2. Discusión de Resultados	44

CONCLUSIONES	46
RECOMENDACIONES	47
BIBLIOGRAFIA	48
ANEXOS	51

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Análisis de datos</i>	25
Tabla 2. <i>Comparación de metodología según sus normas</i>	28
Tabla 3. <i>Tiempo y frecuencia de monitoreo</i>	30
Tabla 4. <i>Cantidades de sedimento recolectado cada 30 días</i>	33
Tabla 5. <i>Resultados de monitoreo de PAS en el punto 1 (A1)</i>	34
Tabla 6. <i>Resultados de monitoreo de PAS en el punto 2 (B1)</i>	35
Tabla 7. <i>Resultados de monitoreo de PAS en el punto 3 (C1)</i>	36
Tabla 8. <i>Resultados de monitoreo de PAS en el punto 4 (D1)</i>	37
Tabla 9. <i>Resultados de monitoreo de PAS en el punto 5 (E1)</i>	38
Tabla 10. <i>Resultados totales del monitoreo de PAS en mg/cm²/mes</i>	39
Tabla 11. <i>Análisis de varianza</i>	41
Tabla 12. <i>Resultados del ANVA</i>	42
Tabla 13. <i>Comparación de tratamiento</i>	43

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Distribución de partículas	9
<i>Figura 2.</i> Resultados de monitoreo de PAS en el punto 1 (A1) en mg/cm ² /mes	34
<i>Figura 3.</i> Resultados de monitoreo de PAS en el punto 2 (B1) en mg/cm ² /mes	35
<i>Figura 4.</i> Resultados de monitoreo de PAS en el punto 3 (C1) en mg/cm ² /mes	36
<i>Figura 5.</i> Resultados de monitoreo de PAS en el punto 4 (D1) en mg/cm ² /mes	37
<i>Figura 6.</i> Resultados de monitoreo de PAS en el punto 5 (E1) en mg/cm ² /mes	38
<i>Figura 7.</i> Resultados de los 5 sectores de Morales en mg/cm ² /mes	39
<i>Figura 8.</i> Figura comparativa con el ECA	40

RESUMEN

Se basa en el análisis comparativo de resultados de las mediciones de los niveles de concentraciones de partículas atmosféricas sedimentables (PAS) obtenidas mediante el método pasivo, el cual colecta un contaminante específico, en este caso polvo, por medio de precipitación; para el trabajo experimental se ubican puntos de monitoreo en la ciudad de Morales, la ubicación de estos puntos, han sido previamente evaluados de acuerdo a los factores que influyen en la medición: velocidad y dirección del viento, densidad poblacional. Los resultados del monitoreo de la concentración de PAS cada punto obtenidos mediante el método; son comparados con el nivel de referencia normado por los límites máximos permisibles dado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que es de $0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$; de la cual los Estándares de calidad ambiental- aire (ECA), toman como referencia.

El análisis comparativo permite determinar la estación que presenta la mayor incidencia de concentración de partículas atmosféricas sedimentables. Los resultados obtenidos de los 5 puntos en estudio se aprecian que, en dos zonas superan los límites máximos planteados por la OMS, que es de $0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$; los cuales son: punto 01: Sector Terminal Terrestre: $0.63 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$ y punto 05: Sector I.E. Francisco Izquierdo Ríos: $0.68 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$.

Aumentando con ello a poner en riesgo la salud de la población más vulnerable (niños, madres gestantes y ancianos).

De estos resultados se concluye que, las actividades económicas en zonas acondicionadas y mejor dominio 'no superan' los límites, con relación a las actividades que se desarrolla en zonas inadecuadas.

Indicando con ello que las calles sin pavimentos son los focos más importantes en contribuir con partículas al ambiente, causados por el transporte y las actividades que ahí se desarrollan.

Los resultados obtenidos contribuyen para que las autoridades del distrito tomen en cuenta para mejorar estas zonas, que beneficiaría a la población y su ornato.

Palabras claves:

Concentración de partículas, partículas atmosféricas sedimentables, contaminación por partículas y Estándares de calidad ambiental (ECA).

ABSTRACT

It is based on the comparative analysis of the results of the measurements of the concentrations of atmospheric sedimentary particles (PAS) obtained by the passive method, which collects a specific pollutant, in this case dust, by means of precipitation; for the experimental work are located monitoring points in the city of Morales, the location of these points, have been previously evaluated according to the factors that influence the measurement: wind speed and direction, population density. The results of the monitoring of the concentration of PAS each point obtained by the method; are compared with the reference level set by the maximum permissible limits given by the World Health Organization (WHO), which is $0.5 \text{ mg} / \text{cm}^2 / \text{month}$, of which the Air Quality Standards (AQS), take as reference.

The comparative analysis allows the determination of the station with the highest concentration of atmospheric sedimentable particles. The results obtained from the 5 points under study show that, in two areas exceed WHO maximum limits, which is $0.5 \text{ mg} / \text{cm}^2 / \text{month}$; which are: point 01: Sector Terminal Terrestrial: $0.63 \text{ mg} / \text{cm}^2 / \text{month}$ y point 05: Sector I.E. Francisco Izquierdo Ríos: $0.68 \text{ mg} / \text{cm}^2 / \text{month}$.

This increases the health of the most vulnerable population (children, pregnant women and the elderly). From these results it is concluded that, economic activities in conditioned areas and better control 'do not exceed' limits, in relation to activities that take place in inappropriate areas. Indicating that unpaved streets are the most important foci in contributing with particles to the environment, caused by the transportation and the activities that develop there. The obtained results contribute in that the authorities of the district take into account to improve this zone, that would benefit to the population and its adornment.

Keywords:

Concentration of particles, settleable particles, contamination by particles and Environmental Quality Standards (EQS).



CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema.

La cantidad de partículas sedimentables en el aire son todas las partículas sólidas que pueden sedimentarse sobre la superficie terrestre u objeto que lo ocupe, estas partículas pueden ser polvo, polen, hollín, humo, etc. Estas partículas tienen una gran variedad de tamaños, finos hasta grueso, cuyo origen son diversos, es decir de toda actividad que el hombre realiza para generar bienes y servicios. Si supera los límites permisibles que plantea los estándares de calidad ambiental (ECA) que es de $0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$, esto afectaría a la salud. (OMS, 2005).

El viento es un factor importante para desplazar diferentes tipos de partícula en forma directa, cuando provienen de actividades como el transporte en sus diferentes modalidades, la combustión y el polvo es arrastrado por el viento; más aún cuando las calles no son pavimentadas, asimismo la construcción es otra actividad que contribuye al aumento de la cantidad de partículas en suspensión, etc. Estas partículas causan efectos negativos sobre la salud a nivel de aparato respiratorio especialmente a la población más vulnerable (niños y ancianos). (OMS, 2005).

La ciudad de Morales no es ajena a la exposición de este agente contaminante (partículas atmosféricas sedimentables) en vista que en los últimos años la ciudad viene creciendo en forma acelerada, así como por el incremento de las actividades antrópicas, generando con ellos contaminación por diferentes factores, (polvos, humos, partículas atmosféricas sedimentables y sonidos); en tal sentido el problema se plantea:

¿Cuál es la cantidad de partículas atmosféricas sedimentables en la ciudad de Morales?

1.2. Objetivos.

1.2.1 Objetivo general:

Determinar la cantidad de partículas atmosféricas sedimentables, mediante el método de muestreo pasivo en la ciudad de Morales año 2015.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Identificar las características socio ambientales de la ciudad de Morales.
- Determinar la concentración de partículas atmosféricas sedimentables mediante el método de muestreo pasivo, y la comparación de estándar de calidad ambiental (ECA).
- Elaborar un mapa de riesgo de contaminación por partículas atmosféricas sedimentables.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Hecho la búsqueda de la bibliografía correspondiente en diferentes fuentes se puede mencionar algunos de los trabajos que se vinculan con el presente estudio:

Antecedentes internacionales:

Encuestas Complementario a los pueblos Indígenas, ECPI, (UNICEF, 2009.)

En su artículo titulado **Fuentes puntuales de Contaminación Atmosférica indica.** Que:

Una de las mayores preocupaciones en todo el mundo, es la emisión de contaminantes como el bióxido de azufre (SO₂) y partículas (PM) en la generación de energía eléctrica, pues su proceso involucra la combustión de grandes cantidades de combustibles fósiles. Las industrias químicas, entre otras, son responsables de emitir muchos contaminantes peligrosos como los compuestos orgánicos volátiles (COVs).

Muchas de estas fuentes de contaminación, a su vez, generan productos de consumo útiles, crean millones de empleos y prestan servicios y comodidades. Por lo que, no resulta viable clausurarlas, pero es urgente que implanten procesos para minimizar y manejar adecuadamente sus emisiones.

La tendencia internacional para disminuir las emisiones contaminantes de este tipo de fuentes, en gran medida está dirigida a la adopción de tecnologías más limpias a través del uso de energías renovables como la solar o eólica, etc. y la implantación de medidas cada vez más efectivas para elevar la eficiencia energética de los procesos y mejorar la calidad de los combustibles, entre otras. Y en menor medida, la instalación de dispositivos de control y reducción de las emisiones de las chimeneas industriales, pues se ha visto que generan otro tipo de desechos contaminantes que han significado problemas ambientales.

Antecedentes nacionales:

Rubén Marcos, et, al (2009). En el trabajo desarrollado titulado: **Estudio Comparativo para la Determinación del Polvo Atmosférico Sedimentable**

Empleando las Metodologías de Tubo Pasivo y de Placas Receptoras en la Ciudad Universitaria de San Marcos – Lima.

En el presente trabajo se realiza el análisis comparativo de resultados de las mediciones de los niveles de concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) obtenidas mediante dos metodologías validadas; la primera validada por DIGESA, denominada “tubo pasivo” y la segunda polvo atmosférico sedimentable (PAS) validada por SENAMHI denominada “placas receptoras”, para el trabajo experimental se ubican estaciones de monitoreo en la ciudad universitaria de la UNMSM, la ubicación de estos puntos, han sido previamente evaluados de acuerdo a los factores que influyen en la medición: velocidad y dirección del viento, humedad relativa, temperatura, densidad poblacional. Los resultados del monitoreo de la concentración de PAS, PAS de cada punto, obtenidos mediante las dos metodologías; son comparados con el nivel de referencia normado por los límites máximos permisible dado por la Organización Mundial de la Salud, que es de $0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$. El análisis comparativo permite determinar la estación que presenta la mayor incidencia de concentración de polvo atmosférico sedimentable y partículas sedimentable. Con $1.156 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$ con placas, y $1.586 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$ con tubos.

Superando largamente los límites máximo planteado por los ECA's.

Evaluación de la Contaminación Atmosférica en la Zona Metropolitana de Lima Callao/ Agosto – 2008. Silva.

Silva, et, al (2008) Luego de realizado el trabajo de investigación llegaron a las siguientes conclusiones.

Los niveles de contaminación en los principales núcleos durante agosto fueron inferiores a los registrados el mes de julio, con excepción de Lima sur este, que se incrementó. La configuración resultante fue de 4 centros de alta contaminación: el primer núcleo se presentó en Lima norte con $20,7 \text{ t/km}^2/\text{mes}$; el segundo en Lima centro-este con un valor medio de $26,7 \text{ t/km}^2/\text{mes}$; el tercero en Lima sur-este con $28,8 \text{ t/km}^2/\text{mes}$; y el cuarto en Lima sur con una media de $32,8 \text{ t/km}^2/\text{mes}$. El 83 % de las estaciones sobrepasaron el nivel referencial establecido por la Organización Mundial de la Salud. La media mensual para las estaciones evaluadas fue de $10,4 \text{ t/km}^2/\text{mes}$, inferior a la media del mes anterior; el valor máximo registrado fue de $28,8 \text{ t/km}^2/\text{mes}$ en Pachacamac y el mínimo de $1,6 \text{ t/km}^2/\text{mes}$ en Carabayllo.

Las máximas concentraciones de partículas menores a 2.5 micras (ppm 2.5) se registraron los días lunes y martes equivalentes a 86,3 y 87 ug/m³, respectivamente.

En cuanto a los contaminantes gaseosos, se observó lo siguiente:

- Las máximas concentraciones de óxido nítrico y dióxido de nitrógeno, fueron de 196,2 ppb el día lunes 11 a las 12:00 horas y 87,3 ppb el día martes 05 a las 18:00 horas. Las mínimas concentraciones (0 – 2 ppb) se registraron en horas de la madrugada comprendidas entre las 3: 00 y 5:00 horas.
- La concentración media de Dióxido de Nitrógeno para el mes de mayo fue de 17,9 ppb y la máxima (87,3 ppb) equivalió al 82% del Estándar de calidad ambiental Nacional, para este contaminante. Las máximas concentraciones de Dióxido de Nitrógeno se presentaron los días lunes y martes (75,6 y 87,3 ppb, respectivamente); el día sábado la media fue de 14,6 ppb, menor en relación al resto de la semana.
- El Dióxido de Azufre, registró su valor máximo de 27,5 ppb, el día martes 05 a las 09:00 horas. Se observaron además dos picos horarios máximos de 8,5 ppb a las 09:00 y de 12 ppb a las 19:00 horas, coincidiendo de esta manera con las horas de mayor actividad vehicular.
- La concentración media de Dióxido de Azufre, para el mes de mayo fue de 6,0 ppb y la máxima diaria de 11 ppb equivalió al 8 % del ECA Nacional para este contaminante. Las máximas concentraciones de Dióxido de Azufre se presentaron los días lunes y martes de 26,1 ppb y 27,5 ppb; la media del día sábado fue de 4,3 ppb.

Antecedentes locales:

Bances et al. (2003), en su estudio **Contaminación Atmosférica y su Impacto Ambiental en la Ciudad de Moyobamba- San Martín.**

Tuvo los siguientes resultados. El efecto del ruido en la población por efecto de las unidades móviles menores, determinándose que el 18% de la población está sometido a una ansiedad moderada por efecto del ruido, asimismo el tamaño de las partículas reportadas en cada una de las estaciones indica que la mayor concentración se registra en la estación “B” , con un 31% (46µm -0µm), notándose un efecto negativo y perjudicial en la salud humana tal como reporta las estadísticas hospitalarias con una mayor incidencia de enfermedades respiratorias.

Lozano, 2013 en su trabajo de investigación desarrollado titulado: “**Determinación del grado de partículas sedimentables mediante el método de muestreo pasivo realizado en la ciudad de Moyobamba**, se encontró que el resultado promedio final es de $0.70 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$, de partículas atmosféricas sedimentables el cual sobrepasa en $0.2 \text{ mg/cm}^2 - \text{mes}$, en comparación con los Estándares de Calidad Ambiental establecida por la OMS que es $0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Contaminación atmosférica.

Se entiende por **contaminación atmosférica** a la presencia en la atmósfera de sustancias en una cantidad que implique molestias o riesgo para la salud de las personas y de los demás seres vivos, vienen de cualquier naturaleza, así como que puedan atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables. El nombre de la contaminación atmosférica se aplica por lo general a las alteraciones que tienen efectos perniciosos en los seres vivos y los elementos materiales, y no a otras alteraciones inocuas. (**Molina, 2001**).

2.2.2. Partículas atmosférico sedimentable (PAS) o partículas sedimentables (PS) o partículas en suspensión.

Las partículas en suspensión (total de partículas suspendidas: TPS) (o material particulado) consisten en acumulación de diminutas piezas de sólidos o de gotitas de líquidos en la atmósfera ambiental, generada a partir de alguna actividad antropogénica (causada por «el hombre») o natural. (**Spiro, et al. 1996**)

Los contaminantes en partículas no son idénticos física y químicamente, sino más bien están constituidos por una amplia variedad de tamaños, formas y composiciones químicas. Algunos son mucho más nocivos para la salud humana. (**De Nevers, 1998**).

El interés por las partículas atmosféricas se debe a dos causas importantes:

1. Afectación del balance de la radiación terrestre

2. Efectos nocivos sobre la salud. Las partículas penetran en los pulmones, los bloquean y evitan el paso del aire, lo cual provoca efectos dañinos. **(De Nevers, 1998).**

2.2.3. Composición.

Consecuentemente su composición elemental es similar a la respectiva de la corteza terrestre: elevados contenidos de aluminio (Al), calcio (Ca), silicio (Si) y oxígeno (O), en sales de aluminosilicatos. **(De Nevers, 1998).**

En el aire cercano a la superficie de los océanos, los contenidos de cloruro de sodio (NaCl: sal común) sólido son elevados, ya que el aerosol marino suministra partículas de NaCl, por evaporación del agua de mar. El polen emitido por las plantas también contiene partículas gruesas, en el rango de 10 a 100 μm (micrómetros). Por dimensiones, la mayor parte de las partículas de cenizas volcánicas son gruesas. **(De Nevers, 1998).**

La fuente de las partículas gruesas, incluidas las naturales –como las de erupciones volcánicas– y las causadas por actividades humanas –cultivo de la tierra, trituración de canteras, etcétera– proviene de la parte superficial del suelo y de las rocas, que levanta el viento. En muchas regiones las partículas gruesas son químicamente básicas, lo cual denota que se han originado de carbonato de calcio y de otros minerales de pH básicos existentes en el suelo. **(De Nevers, 1998).**

Opuestamente al origen de las partículas gruesas, que resultan principalmente de ruptura de otras más grandes, las finas se generan, primordialmente, por reacciones químicas y de condensación de materias más pequeñas, incluidas moléculas en estado de vapor. El contenido orgánico medio en las partículas finas es, por lo general, mayor que en las grandes. Por ejemplo, la combustión incompleta de combustibles a base de carbono, como el carbón mineral o el vegetal, el petróleo y la gasolina, generan muchas partículas pequeñas de hollín, que son principalmente cristales de carbono. **(De Nevers, 1998).**

En consecuencia, una de las fuentes de las partículas atmosféricas carbonosas, tanto finas como gruesas, son los gases de escape de vehículos, en especial de los que funcionan con diésel. Otro tipo de importantes

partículas finas suspendidas en la atmósfera está constituido predominantemente por compuestos inorgánicos de azufre y de nitrógeno. **(De Nevers, 1998).**

Las especies de azufre se originan del gas dióxido de azufre (o anhídrido sulfuroso: SO_2), generado en fuentes naturales (volcanes) y por polución en centrales de energía y en fundiciones. En el transcurso de horas a días, este gas se oxida a ácido sulfúrico (H_2SO_4) y a sulfatos, en el aire. El H_2SO_4 se desplaza en el aire no como gas, sino en pequeñas gotas de aerosol, ya que le es propia mucha avidez por las moléculas de agua. **(De Nevers, 1998).**

2.2.4. Distribución de las partículas.

Las características comunes de las partículas son ocho: tamaño, distribución de tamaños, forma, densidad, adhesividad, corrosividad, reactividad y toxicidad. La más importante es la distribución de tamaños. Por lo general, como medida del tamaño se utiliza el diámetro aerodinámico de las partículas. **(Baird, 2004).**

Esta dimensión se mide comúnmente en micrómetros (10^{-6} m). La unidad de medida mencionada recibe también el nombre de micra. Es muy adecuada para la descripción de la contaminación por partículas, porque los diámetros de muchos de estos corpúsculos –que permanecen suspendidos en el aire e implican peligro– varían de 0,1 a 10 μm . **(Baird, 2004).**

Las partículas mayores tienden a asentarse rápidamente, por lo cual no causan graves afecciones a la salud humana; como se muestra en la figura I. **(Baird, 2004).**

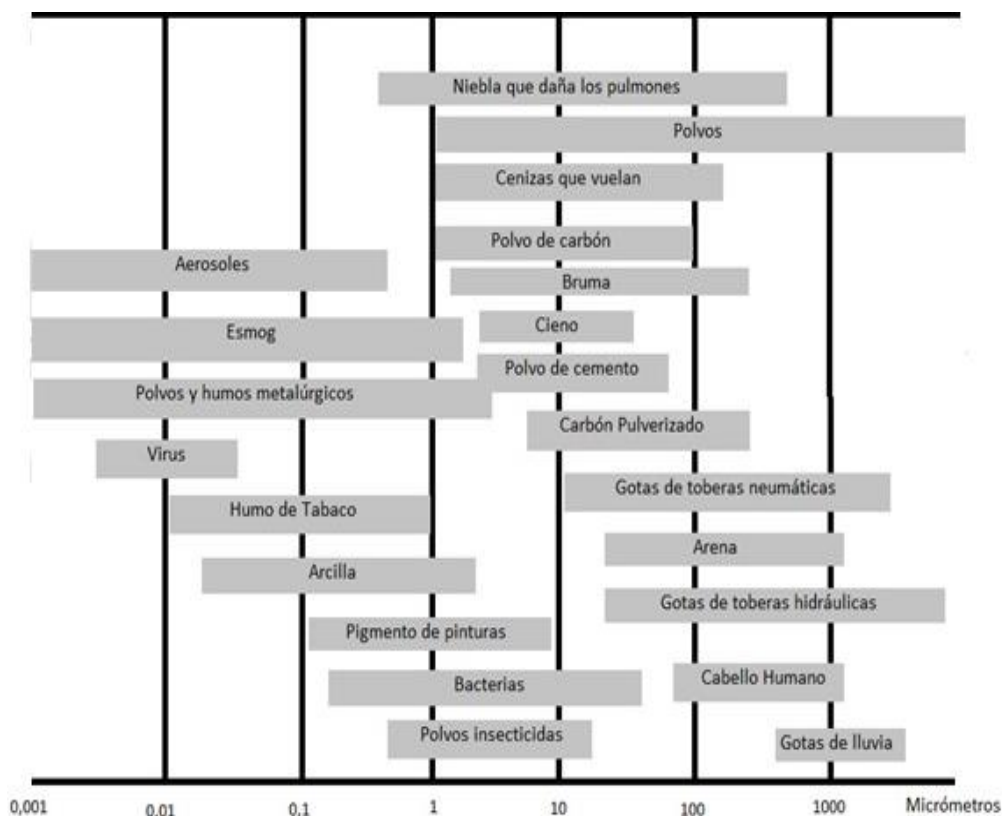


Figura 1: La figura nos muestra la distribución de partículas en el aire; medidas en micrómetros (Baird Colin. 2004).

2.2.5. Clasificación de las partículas suspendidas en el aire.

Aunque pocas de las partículas suspendidas en el aire son de forma exactamente esférica, es conveniente y convencional considerar que todas ellas lo fueran. El diámetro mayor de las partículas es su propiedad más importante. A partir de esta equivalencia a *licencia poética* se denomina «PM-10» a las partículas de diámetros inferiores a 10 μm , y «PM-2,5» a las de diámetros inferiores a 2,5 μm .

Cualitativamente las partículas individuales se clasifican como:

- Gruesas, las de diámetros superiores a 2,5 μm .
- Finas, las de diámetros inferiores a 2,5 μm . (Baird, 2004).

2.2.6. Tipos principales de partículas atmosféricas.

A. Materia mineral

La génesis de partículas y minerales se origina por acción de los vientos sobre la superficie terrestre, mediante emisiones en desplazamiento. La

mayor extrusión a escala global de este tipo de partículas ocurre en regiones áridas o semiáridas. Aunque la mayor exhalación de material particulado mineral sucede en áreas desérticas como el norte de África, Oriente medio y Asia central, es importante resaltar que tal fenómeno es también significativo a escala local en regiones semiáridas (**Salvador, P.; Artíñano B. 2000**).

La distribución granulométrica de este tipo de partículas tras su emisión en el área fuente es relativamente constante. Se concentra principalmente en tres modalidades de diámetros: 1,5-6,7-14,2 μm . Estas partículas se caracterizan por granulometría gruesa (referida a contenidos másicos de material particulado). La abundancia relativa de partículas de cada modalidad depende de la velocidad del viento, de modo que a bajas velocidades se provoca resuspensión de las partículas de mayor diámetro, y al incrementar la velocidad se emiten las partículas de menor diámetro. (**Spiro, et al, 1996**). Al margen de la intensidad de la velocidad del viento, la emisión de las partículas de origen mineral depende, entre otros factores del suelo, de lo siguiente:

- Superficie
- Humedad
- Cobertura vegetal

Las composiciones química y mineralógica de estas partículas varían de una región a otra según las características y la composición de los suelos, que generalmente está compuesta por calcita (CaCO_3), cuarzo (SiO_2), dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, o bien $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$], arcillas (sobre todo caolinita e illita) y cantidades inferiores de sulfato cálcico ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: yeso) y óxidos de hierro (Fe_2O_3 : hematita), entre otros. (**Spiro, et al, 1996**).

El origen de estas partículas es primario, ya que se emiten directamente a la atmósfera. A pesar de que la mayor parte de las emisiones de material mineral es de origen natural, es necesario considerar la existencia de una cantidad limitada de fuentes de material particulado mineral de origen antropogénico. (**Spiro, et al, 1996**).

B. Aerosol marino

El aerosol marino es el segundo tipo de partículas importante en cuanto a monto de emisiones a escala global. Su composición química deriva de su fuente de origen: el agua de mares y océanos. Al igual que el material particulado mineral, el origen de las partículas de aerosol marino es en su mayoría natural, y se emite directamente a la atmósfera (partículas primarias). (Ayola, et al, 2004).

Existen dos fenómenos principales de formación de este tipo de partículas:

- Ruptura de burbujas de aire que alcanza la superficie de los océanos
- Agitación de las superficies de los mares y océanos por acción del viento

Así, la cantidad de partículas de origen marino en la capa límite oceánica es directamente proporcional a la velocidad del viento. La ruptura de una única burbuja de aire en el océano puede generar hasta 10 partículas de aerosol marino. (Ayola, et al, 2004).

C. Aerosoles biológicos primarias

Incluyen pólenes, esporas, restos vegetales, células epiteliales, bacterias, algas, protozoos y virus, los cuales son constituyentes importantes de los aerosoles atmosféricos. En el workshop celebrado como parte del International Global Aerosol Programme, se decidió definirlos como, partículas sólidas en suspensión (muertas o vivas) producidas por organismos vivos, incluyendo microorganismos y fragmentos de cualquier variedad de ser vivo. Esta definición incluye un amplio espectro de partículas biológicas. Las más pequeñas son los virus ($0.005 \mu\text{m} < r < 0.25 \mu\text{m}$). Las más grandes incluyen bacterias ($r > 0.2 \mu\text{m}$), protozoos ($r > 2 \mu\text{m}$), algas y hongos ($r > 0.5 \mu\text{m}$), restos vegetales ($r > 1 \mu\text{m}$) y granos de polen la mayoría de los cuales tienen un tamaño superior a los $10 \mu\text{m}$ de diámetro, pero que pueden experimentar fragmentaciones en la atmósfera produciendo material particulado en el rango de las partículas finas. (IGAPworkshop, 1993).

D. Aerosoles biológicos secundarias

La formación de partículas en la atmósfera también se produce a partir de gases precursores emitidos por la biosfera. De este modo se consideran al menos tres grupos importantes de gases relacionados con la producción de este tipo de partículas:

- i) gases sulfurosos reducidos, especialmente el dimetilsulfuro DMS y el carbón disulfuro CS₂,
- ii) gases básicos, fundamentalmente el amoníaco y
- iii) hidrocarburos reactivos.

Con respecto a los hidrocarburos estos son emitidos a la atmósfera por fuentes tanto biogénicas como antropogénicas. Las fuentes biogénicas emiten compuestos orgánicos como los terpenos y los sesquiterpenos. Se conocen en torno a 400 compuestos orgánicos volátiles (COVs) emitidos por plantas incluyendo aldehídos, cetonas, ácidos orgánicos y alcoholes, (Graedel, 1979).

2.2.7. Tipos de fuentes.

A. Fuentes móviles

Las fuentes móviles incluyen a las diversas formas de transporte tales como automóviles, camiones y aviones, etc. (Economopoulos, 1993).

La principal fuente móvil de contaminación del aire es el automóvil, pues produce grandes cantidades de monóxido de carbono (CO) y cantidades menores de óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COVs). (Economopoulos, 1993).

Los programas para el control de emisiones de automóviles, como el programa de verificación vehicular y el uso de convertidores catalíticos, han reducido considerablemente la cantidad de contaminantes del aire. Además, las normas que especifican la calidad del combustible de los automóviles y límites de emisiones de vehículos nuevos y en circulación, también han contribuido a una mayor eficiencia y menores emisiones. Por ejemplo, la transición de la gasolina con plomo a la gasolina sin plomo, ha reducido

extraordinariamente la cantidad de plomo en el aire ambiental. Sin embargo, debido al creciente número de vehículos, los automóviles siguen siendo la principal fuente móvil de contaminación del aire. **(Economopoulos, 1993).**

B. Fuentes de área

Las fuentes de área se refieren a una serie de fuentes pequeñas, numerosas y dispersas, que no pueden ser incluidas de manera eficiente en un inventario de fuentes puntuales, pero que en conjunto pueden afectar la calidad del aire en una región, por ejemplo: el uso de madera para cocinar o calentar la casa, las imprentas, las estaciones de servicio, y las tintorerías, etc. **(Economopoulos, 1993).**

C. Fuentes naturales

Además de las actividades humanas, los fenómenos naturales y la vida animal y vegetal pueden jugar un papel importante en el problema de la contaminación del aire. A continuación, se describen dos fuentes naturales significativas, que son comúnmente consideradas en los inventarios de emisiones atmosféricas. **(Economopoulos, 1993).**

Emisiones Biogénicas. Un gran número de investigadores han establecido que la vegetación (ejemplo: pastos, cultivos, arbustos, bosques, etc.), emiten cantidades significativas de hidrocarburos a la atmósfera. **(Economopoulos, 1993).**

Emisiones de Suelos. El óxido nitroso (N_2O) es producido naturalmente en los suelos como parte de los procesos de desnitrificación (es decir, la reducción de nitritos y nitratos a nitrógeno gaseoso como N_2 o NO_x). Por su parte, los fertilizantes nitrogenados comerciales constituyen una fuente adicional de nitrógeno, lo cual incrementa las emisiones del suelo de N_2O . Se estima que las emisiones de NO_x provenientes de los suelos constituyen un 16% de la cantidad global de NO_x en la tropósfera. **(Economopoulos, 1993).**

La erosión eólica es otro fenómeno natural que genera emisiones. Sin embargo, debido a que dichas emisiones típicamente están asociadas con suelos perturbados, frecuentemente son tratadas como fuentes de área. Otras categorías más pequeñas de fuentes naturales incluyen a las termitas quienes

emiten (CH_4), los relámpagos emisiones de NO_x , los volcanes y la actividad geotérmica emisiones de SO_x . (Economopoulos, 1993).

2.2.8. Productos derivados de un proceso natural o antropogénico.

- A. Polvos**, son formados por materiales solidos orgánicos e inorgánicos y reducidos de tamaño por procesos mecánicos como pulverizados, molido, et. El rango de tamaño de estas partículas va desde las visibles hasta las submicroscópicas (de 1 a 1,000 μm), se forman por fragmentación en procesos de molienda, cribado, explosiones y erosión del suelo. Se mantienen en suspensión y se desplazan mediante corrientes de aire; pero lo principal que concierne al Ingeniero Ambiental son aquellas menores de 10 micras, ya que estas son respirables y se suspenden en el aire por un corto periodo de tiempo, con el consiguiente daño pulmonar; el cual nuestro trabajo de investigación se basa.
- B. Vapores**, son formados de materiales solidos por evaporación, condensación, y por reacciones moleculares de gases metales como el fierro cuando son fundidos, producen vapores que se condensan en la atmosfera y forman partículas metálicas que oxidan al fierro. El tamaño de estas partículas varía de 1 a 0.0001 micras. Los materiales orgánicos sólidos pueden formar humos de la misma manera.
- C. Humos**, son productos de una combustión de materiales orgánicos y son caracterizados por densidad óptica. El tamaño de estas partículas oscila en un intervalo de 0.5 a 1 μm .
- D. Fumos**, son partículas sólidas finas. Se forman por la condensación de los vapores originados en procesos de sublimación, destilación, calcinación y fundición. Miden entre 0.03 y 0.3 μm .
- E. Aerosol**, son una dispersión de partículas microscópicas, sólidas o líquidas, en medio de gases.
- F. Niebla**, es aerosol visible.

G. Ceniza fina, son partículas de ceniza finamente divididas arrastradas por el gas de la combustión. Las partículas pueden contener combustible no quemado. **(Martínez y Romien, 2010).**

2.2.9. Efectos de las partículas sobre el ser humano.

Las partículas tanto solas como en combinación con otros contaminantes son consideradas un serio riesgo para la salud. Su introducción en el cuerpo humano se realiza principalmente a través del sistema respiratorio y sus efectos inmediatos más importantes afectan al mismo. La intensidad depende de la toxicidad de las partículas, así como del grado de penetración de las mismas en el sistema respiratorio, el cual es función de su tamaño. Esto es debido a las propias características anatómicas del sistema respiratorio humano el cual se puede clasificar en superior (cavidad nasal, faringe y tráquea) e inferior (bronquios y pulmones). **(Salvador y Artíñano, 2000).**

El interés por las partículas atmosféricas se debe a dos causas:

- Afectación del balance de la radiación terrestre.
- Efectos nocivos sobre la salud. Las partículas penetran en los pulmones, los bloquean y evitan el paso del aire, lo cual conlleva:
 1. Deterioro de los sistemas respiratorio y cardiovascular.
 2. Alteración de los sistemas de defensa del organismo contra materiales extraños.
 3. Daños al tejido pulmonar.
 4. Carcinogénesis.
 5. Mortalidad prematura.

Las personas más sensibles son quienes padecen afecciones pulmonares o cardiovasculares crónicas obstructivas, influenza o asma, así como los ancianos y los niños. **(Alley Roberts & Associates Inc., 2000).**

Además, las partículas constituyen un problema ambiental. Por ejemplo, el hollín puede absorber sobre su superficie irregular cantidades significativas de sustancias tóxicas. Las partículas de este contaminante son abundantes

en los gases de escape y en los incendios. La quema de carbón origina hollín, además de SO_2 , cuyo aerosol del sulfato resultante, cuando hay niebla, se combina con el hollín y origina un «neblhumo» (*smog*) de consecuencias nocivas para la salud, especialmente en individuos con problemas respiratorios. (Alley Roberts & Associates Inc., 2000). Hay diferentes razones generales por las cuales se comprende por qué las partículas grandes son menos preocupantes –que las pequeñas– para la salud humana. Se debe a que:

- Las partículas gruesas se sedimentan rápidamente y se reduce la exposición a ellas por vía de inhalación.
- Cuando se inhalan, las partículas gruesas se filtran de manera efectiva en la nariz (gracias a los vellos nasales) y por la garganta. Generalmente no llegan a los pulmones. En cambio las partículas finas, al ser inhaladas, vía los pulmones (debido a lo cual se les denomina «respirables»), pueden absorberse sobre las superficies de las células y, en consecuencia, afectar la salud.
- El área superficial por unidad de masa de las partículas grandes es menor que las correspondientes a las pequeñas. Por ello, gramo a gramo su capacidad de transportar gases absorbidos a cualquier parte del sistema respiratorio, y allí catalizar reacciones químicas y bioquímicas es, por lo tanto, menor.
- Dispositivos como los precipitadores electrostáticos y los filtros precipitadores de polvo (saco de tela fina a cuyo través se fuerza a pasar el aire), utilizados para eliminar las partículas del aire, sólo son eficientes para partículas gruesas. (Alley Roberts & Associates Inc., 2000).

2.2.10. Efectos de las partículas sobre la vegetación

Poco se sabe de los efectos de la materia particulada sobre la vegetación. Por un lado, la combinación de partículas con niebla o lluvia ligera puede formar una gruesa costra en la superficie exterior de las hojas interfiriendo en el proceso de fotosíntesis de la planta, impidiendo la penetración de la luz solar necesaria y perturbando el proceso de intercambio de CO_2 con la

atmósfera. De este modo el crecimiento natural de la planta se puede inhibir. Un posible efecto indirecto de las partículas depositadas en plantas es el derivado de que puedan contener compuestos químicos nocivos los cuales puedan ser absorbidos por los tejidos de las hojas o permanecer en su superficie. Si estas plantas forman parte de la alimentación de algún animal, este podría verse afectado por su ingestión. Se han detectado casos de fluorosis en animales, atribuidos a la ingestión de vegetación cubierta por material particulado conteniendo fluoruros. También se han producido casos de envenenamiento de ganado vacuno y ovino por haber ingerido plantas sobre las que se habían depositado partículas con cierto contenido de arsénico. (NAPCA, 1969).

2.2.11. Efectos de las partículas sobre los materiales

La extensión y el daño que las partículas en suspensión presentes en la atmósfera pueden causar sobre los materiales dependen de la composición química y de su estado físico. (Stoker y Seager, 1981).

Los daños pasivos se deben al depósito del material particulado sobre las superficies provocando la necesidad de procesos de limpieza más frecuentes los cuales debilitan a los materiales. Se producen daños químicos cuando las partículas son corrosivas o cuando transportan sustancias corrosivas absorbidas o adsorbidas. Las partículas aceleran los ritmos de corrosión, especialmente en presencia de compuestos que contengan azufre, puesto que actúan como núcleos sobre los que puede condensarse la humedad. Así los gases fijados a las partículas se disuelven en las gotas de agua formadas. Al parecer las tasas de corrosión aumentan significativamente con la humedad y en atmósferas urbanas e industriales. (Stoker y Seager, 1981).

Las partículas pueden cubrir superficies pintadas provocando reacciones tanto sobre pinturas húmeda como seca, o bien simplemente afecta ensuciando dichas superficies. Este efecto de ensuciamiento también afecta y mucho a los productores textiles, por el consecuente aumento de la frecuencia de limpieza lo cual debilita las fibras. Por otro lado, algunas fibras adquieren con facilidad cargas eléctricas por fricción pudiendo así

atraer a partículas portadoras de carga de signo opuesto incrementándose el proceso de ensuciado. Algunas fibras textiles como el algodón, el lino o el rayón son vulnerables a los ataques de compuesto particulados ácidos (Salvador y Artiñano, 2000).

2.2.12. Impacto en el ambiente.

A. Visibilidad:

La visibilidad es la distancia en la cual un objeto puede ser percibido contra el cielo como horizonte sin una distinción exacta de sus detalles. En regiones donde la concentración de partículas fluctúa alrededor de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la visibilidad media es de 50 a 60 Km. Por el contrario, las áreas urbanas donde la concentración de partículas excede los $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la visibilidad promedio se reduce a 8 ó 10 Km. Cuando se produce el smog fotoquímico, las partículas duplican su concentración y la visibilidad se reduce a 5 ó 7 Km. La reducción de la visibilidad es una de las pruebas más evidentes del aumento de contaminación por partículas. Ejemplo: En la Ciudad de México la visibilidad promedio en enero de 1937 era de 10 a 15 Km y al principio de la década de 1970 disminuyó entre 2 y 4 Km. (Martínez y Romien, 2010).

B. Clima:

Las partículas reflejan y absorben parte de la energía solar, lo cual provoca un decremento de la temperatura en algunas regiones del planeta. (Martínez y Romien, 2010).

C. Materiales:

Las partículas actúan como catalizadores sobre superficies metálicas, favoreciendo su oxidación. Además, pueden absorber gases como los óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno, los cuales reaccionan con la humedad del entorno y forman partículas de ácido sulfúrico o nítrico. Estos ácidos corroen los materiales de construcción de edificios y

monumentos, los cuales constituyen el patrimonio histórico de la humanidad. **(Martínez y Romien, 2010).**

D. Ecosistema:

Las partículas y otros contaminantes del aire son causantes de la alteración de los elementos típicos del suelo y propiedades fisicoquímicas del agua. Intervienen significativamente en la formación del fenómeno de lluvia ácida, su impacto en la biósfera es determinado por el grado de toxicidad y contenido orgánico de las mismas. **(Martínez y Romien, 2010).**

2.2.13. Medidas de protección para la salud.

Entre las medidas que se pueden realizar para proteger la salud se consideran:

- Evitar exponerse al aire libre cuando la condición de calidad del aire sea no satisfactoria.
- Realizar ejercicio y otras actividades al aire libre durante el período de horas que este contaminante tiene concentraciones bajas.
- Ingerir alimentos que contienen antioxidantes como frutas y verduras y agua en forma abundante.
- No realizar ejercicio y actividades que requieran de un esfuerzo físico considerable en suelos erosionados como canchas deportivas sin cobertura vegetal o pavimento, pues afecta y no beneficia a la salud.
- Proteger las vías respiratorias con cubre-bocas o paños húmedos en caso de tolvánicas.
- Fomentar la reforestación y recuperación de suelos erosionados. **(Martínez y Romien, 2010).**

2.3. Definición de términos.

- **Adhesión:** es la propiedad de la materia por la cual se unen y plasman dos superficies de sustancias iguales o diferentes cuando entran en contacto, y se mantienen juntas por fuerzas intermoleculares.
- **Aerodinámico:** a los vehículos y otros objetos que tienen forma adecuada para disminuir la resistencia del aire y mantener el desempeño.
- **Antropogénica:** (a veces llamado antrópico) se refiere a los efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas, a diferencia de los que tienen causas naturales sin influencia humana.
- **Atmosfera:** es la capa de gas que rodea a un cuerpo celeste.
- **Avidez:** también se define en inmunología como la fuerza de unión entre anticuerpo con epítopos multivalentes.
- **Biósfera:** es el sistema formado por el conjunto de los seres vivos del planeta Tierra y sus relaciones.
- **Catalizador:** es aquello que permite desarrollar un proceso de transformación de tipo catalítico.
- **Composición:** es la acción y efecto de componer (juntar varias cosas y colocarlas en orden para formar una; constituir algo).
- **Cribado:** Método de separación de elementos de diferente tamaño por medio de barreras con orificios o cribas que permiten el paso de los más pequeños y retienen a los mayores.
- **Dispersión:** En química una dispersión coloidal es un sistema fisicoquímico formado por dos o más fases: una continua, normalmente fluida, y otra dispersa en forma de partículas generalmente sólidas, de entre 5 y 200 nanómetros.
- **Granulometría:** es la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica con fines de análisis tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas.

- **Lluvia ácida:** es un tipo de precipitación que se caracteriza por contener sustancias contaminantes, como ácidos sulfúricos y ácidos de nitrógeno, que causan efectos nocivos sobre el medio ambiente. Su nivel de pH es menor al de la lluvia normal (5.65), siendo que oscila entre el nivel 5 y 3, lo cual obedece a la presencia de ácidos que se forman a partir del dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno.
- **Micrómetro:** es un instrumento de medición cuyo nombre deriva etimológicamente de las palabras griegas "*μικρο*" (micros, que significa pequeño) y "*μετρον*" (metrón, que significa medición).
- **Monóxido de carbono:** también denominado óxido de carbono (II), gas carbonoso y anhídrido carbonoso (los dos últimos cada vez más en desuso), cuya fórmula química es CO, es un gas incoloro y altamente tóxico.
- **Nocivos:** es utilizado para designar a todo aquello considerado como peligroso o dañino para la vida una persona, de cualquier ser vivo y del ambiente.
- **Oxidación:** es el proceso y el resultado de oxidar. Este verbo refiere a generar óxido a partir de una reacción química.
- **Partícula:** es un concepto con varios usos. Por lo general se emplea para nombrar a una porción de dimensiones muy reducidas de materia.
- **Polución:** es una noción que tiene su origen etimológico en el vocablo latino '*pollutio*'. Se trata de la contaminación ambiental que provocan ciertas sustancias y desechos.
- **Precipitadores electrostáticos:** (o ESP por sus siglas en inglés) son dispositivos que se utilizan para atrapar partículas mediante su ionización, atrayéndolas por una carga electrostática inducida. Se emplean para reducir la contaminación atmosférica producida por humos y otros desechos industriales gaseosos, especialmente en las fábricas que funcionan con combustibles fósiles.
- **Pulverizado:** es el procedimiento de pulverizar y el resultado del mismo. El verbo pulverizar, que procede del vocablo latino *pulverizāre*, se refiere a difuminar una sustancia líquida en partículas diminutas o a convertir algo en polvo. De manera simbólica, pulverizar es destruir algo.

- **Smog:** (adaptación fonética del acrónimo smog, que deriva de las palabras inglesas *smoke* —'humo'— y *fog* —'niebla'—), también conocido por el calco "neblumo" o "niebla contaminante", es una forma de contaminación originada a partir de la combinación del aire con contaminantes durante un largo período de altas presiones (anticiclón), que provoca el estancamiento del aire y, por lo tanto, la permanencia de ellos en la troposfera y a veces, en la estratosfera, debido a su mayor densidad. Existen dos tipos de smog: industrial y fotoquímico.
- **Suspensión:** En química, una suspensión o un sólido en suspensión es una mezcla heterogénea formada por un sólido en polvo o por pequeñas partículas no solubles (fase dispersa) que se dispersan en un medio líquido (fase dispersante o dispersora).
- **Toxicidad:** es la capacidad de alguna sustancia química de producir efectos perjudiciales sobre un ser vivo, al entrar en contacto con él.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1. Sistema de Hipótesis.

3.1.1. Ho.

- Las concentraciones de partículas atmosféricas sedimentables en la ciudad de Morales superan los estándares de calidad ambiental - aire.

3.1.2. Hi.

- Las concentraciones de partículas atmosféricas sedimentables en la ciudad de Morales no superan los estándares de calidad ambiental - aire.

3.2. Sistema de Variables

3.2.1. Variable Independiente:

- Actividad generadora de partículas atmosféricas sedimentables.

3.2.2. Variable dependiente:

- Concentración de partículas atmosférica sedimentables.

3.3. Tipo y nivel de investigación.

3.3.1. De acuerdo a la orientación.

El presente estudio se ajusta al tipo de investigación básica.

3.3.2. De acuerdo a la técnica de contrastación.

Corresponde a la técnica de contrastación descriptiva.

3.4. Diseño de investigación.

Para el desarrollo del estudio se utilizó el diseño estadístico completamente al azar (DCA), mediciones Estadística Básica con Análisis de Varianza, Coeficiente de Variación.

Cuyo esquema es el siguiente.

Tabla 1
Para el análisis de datos.

	TRATAMIENTO					TOTAL
	A	B	C	D	E	
O	Y_{11}	Y_{21}	Y_{31}	Y_{i1}	Y_{k1}	
B	Y_{12}	Y_{22}	Y_{32}	Y_{i2}	Y_{k2}	
S	.	.	.	.	.
E	.	.	.	.	.
R	.	.	.	.	.
	Y_{1n1}	Y_{2n2}	Y_{3n3}	Y_{ini}	Y_{knk}	
TOTAL	T_1	T_2	T_3	T_i	T_k	$T \dots$
n_i	n_1	n_2	n_3	n_i	n_k	n
X						
(media)	X_1	X_2	X_3	X_i	X_k	$X \dots$

Nota: Recuperado de Córdova, 1996.

Donde:

$T_{1.}$ = es la suma de datos de la muestra i.

$T_{..}$ = es el total de datos de las K muestra.

$n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_k = n$, es el total observado en las k muestras.

$X_{1.}$ = es la media de la muestra i, (estimación insesgada de la media μ_i).

$X_{..}$ = media total muestral (estimación insesgada de la media μ).

Cuyo modelo matemático es el siguiente. (Ostlle, 1983).

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

μ = Es la media general del experimento

T_i = Es el efecto del tratamiento o población.

E_{ij} = Es el error aleatorio asociado a la respuesta.

Y_{ij} = Es la respuesta.

3.5. Población y muestra.

3.5.1. Población: Conformado por el total de la superficie de la ciudad de Morales (43,91 km²).

3.5.2. Muestra: Conformado por 5 estaciones de monitoreo de 0.0001 km², obtenidos en base a la siguiente sectorización de la ciudad, que se detalla a continuación:

- T1: 01 Sector terminal terrestre de la ciudad.
- T2: 02 Sector Cementerio de la ciudad.
- T3: 03 Sector de esparcimiento de la ciudad.
- T4: 04 Sector comercial (plaza de armas)
- T5: 05 Zona escolar, Institución Educativa Francisco Izquierdo Ríos.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.6.1. Técnicas de recolección de datos.

3.6.1.1. Fuentes primarias:

Se tomó la información de las 5 estaciones de Monitoreo – Muestreo, determinado y ubicado de acuerdo a la sectorización de la ciudad, que consistió en:

- Se recopiló información de cada punto de monitoreo cada 30 días calendarios por espacio de 120 días.
- Se georreferenció los puntos de monitoreo.
- Se determinó la cantidad de las muestras obtenidas en los puntos de monitoreo, mediante técnica de pesado – diferencia de peso.

3.6.1.2. Fuentes secundarias:

Está basada en información adicional que ayudaron a evaluar los resultados obtenidos de las mediciones; ello ayudó a complementar la información primaria; las fuentes que se tomaron en cuenta son investigaciones anteriores, publicaciones, libros, folletos, revistas, periódicos, registros de instituciones y especialistas.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos.

Los equipos e instrumentos que se utilizó son:

- GPS.
- Balanza analítica.
- Cámara fotográfica digital.

- Placa Petri.

3.6.3. Metodología.

El presente estudio de investigación se realizó en el distrito de Morales, provincia y región de San Martín. El estudio fue desarrollado en campo obtención de datos, laboratorio y gabinete.

3.6.3.1. Metodología de campo.

El muestreo se realizó aplicando el muestreo pasivo.

Muestreo Pasivo:

Este método de muestreo colecta PAS por precipitación, que se recoge en placas Petri. Después de su exposición por un periodo adecuado de muestreo, que puede variar desde una hora hasta meses o inclusive un año, la muestra se regresa al laboratorio donde se realiza la desorción o pesado del sustrato para ser analizado cuantitativamente. Los equipos utilizados se conocen como muestreadores pasivos que se presentan en diversas formas y tamaños, principalmente en forma de tubos, baldes, recipientes rectangulares o discos. (**Manual N°3 - Redes, Estaciones y Equipos de Medición de la Calidad del Aire, 2003**).

3.6.3.2. Parámetro a evaluar:

El parámetro considerado para la evaluación de la calidad del aire en la Ciudad de Morales es el siguiente:

Partículas atmosféricas sedimentables (PAS).

3.6.3.3. Normativa:

Normas nacionales

En el Perú no se presenta ninguna norma o ley con respecto a los límites máximos permisibles para partículas sedimentables, sin embargo, instituciones como DIGESA Y SENAMHI cogen normas de OMS para establecer estudios de monitoreo, que en el Perú se le conoce como ECA's.

Tabla 2*Comparación de metodologías según sus normas.*

INSTITUCION	TIEMPO PROMEDIO	LIMITE MAXIMO mg/cm ² /30 días	TECNICA METODO
DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental)	30 DIAS	0.5	Gravimétrico estudio de partículas sedimentable.
SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología es Hidrografía)			Gravimétrico estudio de partículas sedimentables (jarras), partículas atmosféricas sedimentables (placa Petri).

Nota: Recuperado de Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria CEPIS, 2008.

3.6.3.4. Determinación y ubicación de puntos de monitoreo – muestreos:

Para la ubicación de las placas se tuvo en cuenta algunos factores como: aspecto comercial, transitabilidad, tipo de calles esparcimiento, institución y transportes.

Los puntos de muestreo para la toma de datos, estuvieron ubicados en los siguientes lugares de la ciudad de Morales:

1. Sector terminal terrestre, punto 01 (A1):
Jr. Francisco Pizarro N° 557 (Sra. Etelina Flores Torres).
2. Sector cementerio, punto 02 (B1):
Av. Primero de Mayo N° 619 (Sr. Daniel Ramírez Carvayo).
3. Sector de esparcimiento, punto 03 (C1):
Av. Perú N° 529 (Sr. Elvis Ríos Morí).
4. Sector comercio (Plaza de Armas), punto 04 (D1):
Jr. Tarapoto N° 216 (Sr. Jorge Luis Navarro Alegría).
5. Zona escolar, I.E. Francisco Izquierdo Ríos, punto 05 (E1):

Esquina de los jirones Jorge Chávez con Raimondi. (Sr. Agustín Cerna)

3.6.3.5. Procedimiento para su ubicación:

- Las placas Petri han sido codificado de acuerdo al lugar que se toma la muestra.
- Luego, cada placa ha sido ubicado en los puntos que le corresponde de acuerdo con el código; los cuales fueron viviendas que se coordinaron previamente, que presentan condiciones de seguridad y estabilidad la cual fue retirado cada 30 días hasta completar las 4 repeticiones.
- Las placas fueron protegidos de animales, vientos, lluvias, etc. que garantizo la rigidez de la toma de muestra
- Cumplido el mes se pesaron el contenido de los sedimentos se registró como primer dato y así sucesivamente hasta completar las repeticiones respectivas.

Tabla 3
Tiempo y frecuencia de monitoreo.

N. °	ESTACION	RECOJO DE MUESTR A (02/01/16 AL 31/01/16)	RECOJO DE MUESTR A (01/02/16 AL 03/03/16)	RECOJO DE MUESTR A (04/03/16 AL 02/04/16)	RECOJO DE MUESTR A (03/04/16 AL 02/05/16)
01	PUNTO A1 Terminal terrestre	30 días	60 días	90 días	120 días
02	PUNTO B1 Cementerio	30 días	60 días	90 días	120 días
03	PUNTO C1 Sector de esparcimient o	30 días	60 días	90 días	120 días
04	PUNTO D1 Centro de la ciudad	30 días	60 días	90 días	120 días
05	PUNTO E1 I.E. Francisco Izquierdo Ríos	30 días	60 días	90 días	120 días

3.6.3.6. Procedimiento de recolección y análisis de muestras.

- Previo al recojo de las muestras se pesaron las placas Petri que nos servirán como recolectores de muestras en una balanza analítica.
- El primer día se procedió a colocar las placas Petri donde se tomará el respectivo peso inicial.
- Al día 30 se procedió a recolectar las placas, cada uno en sus respectivos sobre rotulados y con su peso inicial que fue previamente registrado antes de ser colocado en el recipiente.
- Se realizó 04 recolecciones de muestras, cada 30 días, de los 05 puntos de muestreo en el mismo día; tiempo total de monitoreo fue de 120 días.

3.6.3.7. El pesado:

El pesado se realizó de la siguiente manera, se pesa la placa Petri vacía, luego se pesa la placa con el sedimento y por diferencia se obtiene el peso de lo sedimentado, para luego el resultado ser convertido.

$$PAS = (\text{Peso final} - \text{Peso inicial})$$

Donde:

P.F. : Peso de la placa Petri más el sedimento recolectado.

P.I. : Peso de la placa Petri vacía.

PAS : **gr.**

Conversión:

PAS = (gr x 1000 mg) / cm²/ mes.

NOTA: En el anexo 02, se muestra la conversión de las muestras.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Los datos se procesaron estadísticamente, para la cual se aplicó el diseño completamente al azar para ver la significancia entre los tratamientos y los estándares normados. Asimismo, se aplicó la estadística descriptiva para determinar desviación estándar y coeficiente de variación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Características socio ambientales:

De las características socio ambientales de la ciudad de Morales, de acuerdo al diagnóstico realizado específicamente en los puntos de muestreo se obtuvo los resultados siguientes.

- **En el punto uno (A1)**, se ubicó en el sector del paradero de buses (terminal), Jr. Francisco Pizarro N°557, cuyas características de la zona es de alto tránsito, calles sin pavimento, áreas libres con vegetación, pocas viviendas familiares algunas industrias y surtidor de combustible, que hacen de la zona muy transitada.
- **En el punto dos (B1)**, sector del cementerio, en la Av. Primero de mayo N° 619, cuya calle es pavimentada, tránsito pesado, paradero de buses, la morgue de salud, centro de salud, policlínico y mucha transitabilidad por los estudiantes de la Universidad Nacional de San Martín, durante todo el día.
- **En el punto tres (C1)**, sector de zona de esparcimiento, ubicado en la av. Perú N° 529, la principal característica es altamente transitada por ser la principal entrada a la ciudad, sector dedicado especialmente al esparcimiento, cuenta con muchas actividades económicas, discotecas, cines, restaurantes bares y el río Cumbaza que cumple una función importante en regular la temperatura del sector. Las calles son pavimentadas casi en su totalidad.
- **En el punto (D1)**, el sector plaza de armas, ubicado en el Jr. Tarapoto N° 216, alta concurrencia diaria, calles pavimentadas, alto comercio ambulatorio especialmente de comidas cocidas muy nutritivos de casas familiares y comercio en general, árboles en cada vivienda y abundante construcción de viviendas, tránsito fluido por las dos avenidas principales de la ciudad.
- **En el punto (E1)**, El sector con mayores calles no pavimentadas, ubicado en esquina conformado con los Jr. Jorge Chávez y Raimondi se encuentra el colegio Francisco Izquierdo Ríos. Existen áreas libres con vegetación, pocas viviendas familiares, poco comercio y alta transitabilidad de vehículos que generan abundante polvo.

4.1.1. Resultados de las concentraciones de partículas atmosféricas sedimentables:

Los resultados obtenidos de las concentraciones se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4

Cantidades de sedimento recolectado cada 30 días.

N°	ESTACION	PUNTO A1 Terminal terrestre (mg)	PUNTO B1 Cementerio (mg)	PUNTO C1 Sector de esparcimiento (mg)	PUNTO D1 Centro de la ciudad (mg)	PUNTO E1 I.E. Francisco Izquierdo Ríos (mg)	TOTAL
1	Recojo de muestras 30 días (02/01/16 AL 31/01/16)	0.66	0.44	0.41	0.46	0.81	2.78
2	Recojo de muestras 30 días (01/02/16 AL 03/03/16)	0.58	0.43	0.42	0.44	0.65	2.52
3	Recojo de muestras 30 días (04/03/16 AL 02/04/16)	0.51	0.36	0.48	0.39	0.62	2.36
4	Recojo de muestras 30 días (03/04/16 AL 02/05/16)	0.78	0.45	0.41	0.45	0.64	2.73
	TOTAL	2.53	1.68	1.72	1.74	2.72	10.39
	PROMEDIO S	0.6325	0.42	0.43	0.435	0.68	0.519
	N° DE OBSERVACIONES	4	4	4	4	4	

Los resultados de la tabla muestran que, las P.A.S. varían de acuerdo al lugar de ubicación, observando que en el punto 01 (A1) y punto 5 (E1) son los que tienen más contenido de partículas sedimentables.

Los cálculos están en el anexo 01.

Tabla 5*Resultados de monitoreo de PAS en el punto 1 (A1).*

Sector terminal terrestre		
Fechas de monitoreo	Tiempo en días	PAS: mg/cm²/mes
02/01/16 al 31/01/16	30	0.66
01/02/16 al 03/03/16	60	0.58
04/03/16 al 02/04/16	90	0.51
03/04/16 al 02/05/16	120	0.78

La tabla nos muestra, específicamente, los resultados del punto 01 donde se puede apreciar que todos los resultados del muestreo superan el límite máximo permisible, siendo en el último muestreo la mayor cantidad de partículas sedimentables recogidas esto debido a la temporada seca.

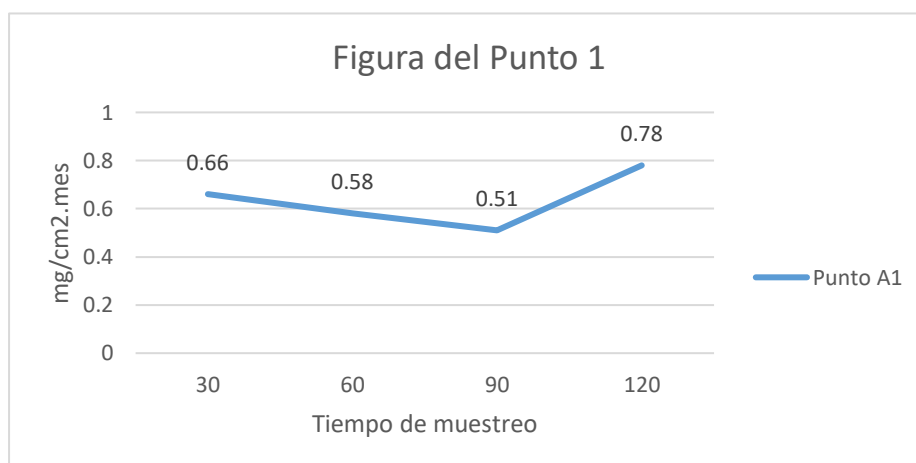


Figura 2: La figura nos muestra las partículas atmosféricas sedimentables en mg/cm²/mes.

Tabla 6*Resultados de monitoreo de PAS en el punto 2 (B1).*

Sector Cementerio		
Fechas de monitoreo	Tiempo en días	PAS: mg/cm²/mes
02/01/16 al 31/01/16	30	0.44
01/02/16 al 03/03/16	60	0.43
04/03/16 al 02/04/16	90	0.36
03/04/16 al 02/05/16	120	0.45

Los resultados de la tabla nos muestran que, los resultados de todos los muestreos tienen poca fluctuación en cuanto al contenido de partículas sedimentables, lo que nos indica que el comportamiento en el sector tiene un patrón tanto en el tiempo y el movimiento siendo el tercer mes donde se tiene el valor más bajo de P.A.S.

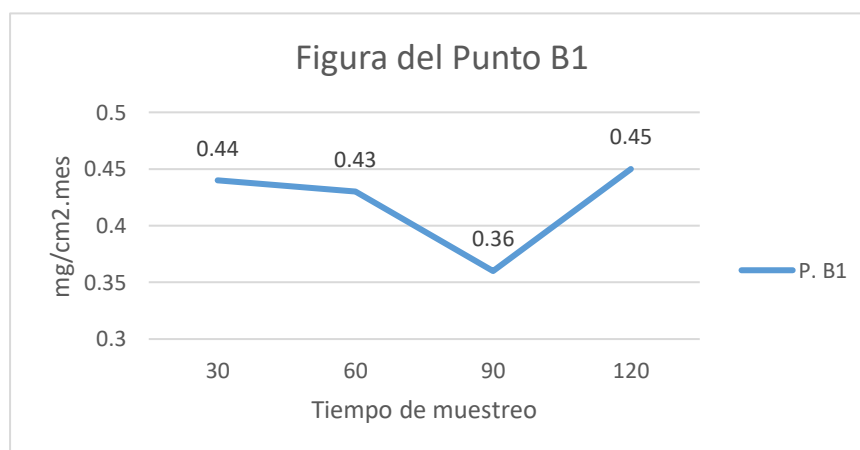


Figura 3: La figura nos muestra las partículas atmosféricas sedimentables en mg/cm²/mes.

Tabla 7

Resultado de monitoreo de PAS en el punto 3 (C1).

Sector zona de esparcimiento		
Fechas de monitoreo	Tiempo en días	PAS: mg/cm²/mes
02/01/16 al 31/01/16	30	0.41
01/02/16 al 03/03/16	60	0.42
04/03/16 al 02/04/16	90	0.48
03/04/16 al 02/05/16	120	0.41

La tabla muestra los resultados de este sector, tiene un comportamiento parecido, como nos demuestra los datos obtenidos con poca variación en cuanto a sus partículas sedimentables, sin superar los límites máximos permisibles dado por la OMS que es de 0.5 mg/cm²/mes.

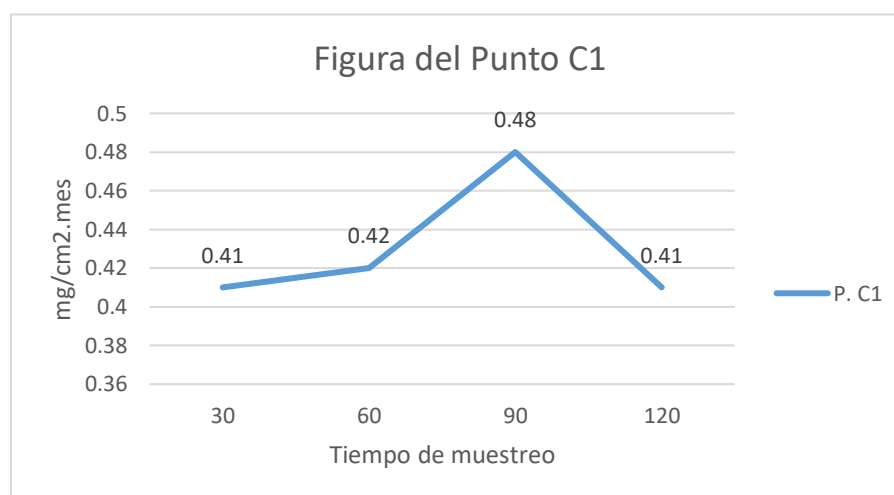


Figura 4: La figura nos muestra las partículas atmosféricas sedimentables en mg/cm²/mes.

Tabla 8*Resultado de monitoreo de PAS en el punto 4 (D1).*

Sector plaza de armas		
Fechas de monitoreo	Tiempo en días	PAS: mg/cm²/mes
02/01/16 al 31/01/16	30	0.46
01/02/16 al 03/03/16	60	0.44
04/03/16 al 02/04/16	90	0.39
03/04/16 al 02/05/16	120	0.45

La tabla muestra los resultados del monitoreo del recojo de las partículas sedimentables en el centro de la ciudad, teniendo características similares al sector de esparcimiento sin superar los límites permisibles indicado por la OMS que es de 0.5 mg/cm².mes.

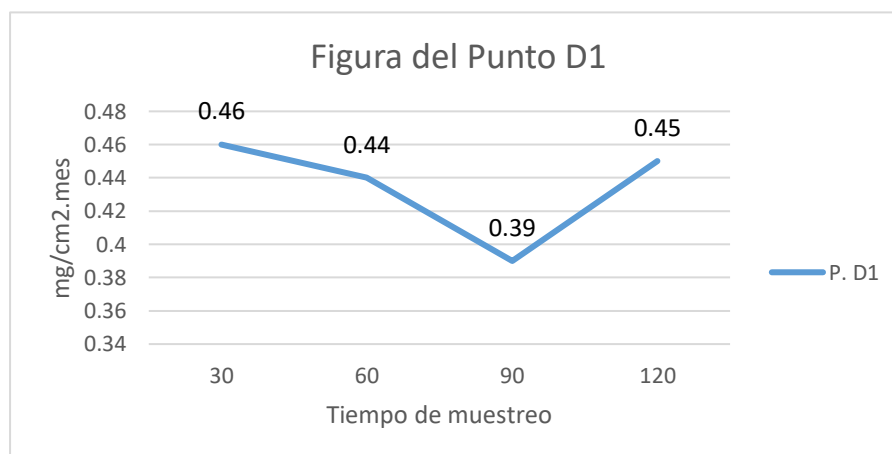


Figura 5: La figura nos muestra las partículas atmosféricas sedimentables en mg/cm²/mes.

Tabla 9*Resultado de monitoreo de PAS en el punto 5 (E1).*

Sector I.E. Francisco Izquierdo Ríos		
Fechas de monitoreo	Tiempo en días	PAS: mg/cm²/mes
02/01/16 al 31/01/16	30	0.81
01/02/16 al 03/03/16	60	0.65
04/03/16 al 02/04/16	90	0.62
03/04/16 al 02/05/16	120	0.64

La tabla nos muestra resultados de los pesos de la partícula sedimentable del punto 5 sector I.E. Francisco Izquierdo Ríos obtenido durante el periodo de prueba, que nos muestra una amplia variabilidad con respecto a los otros puntos, superando en todos los meses los límites permisibles dado por los ECA's, debido a la alta transitabilidad y al estar las calles sin pavimentar.

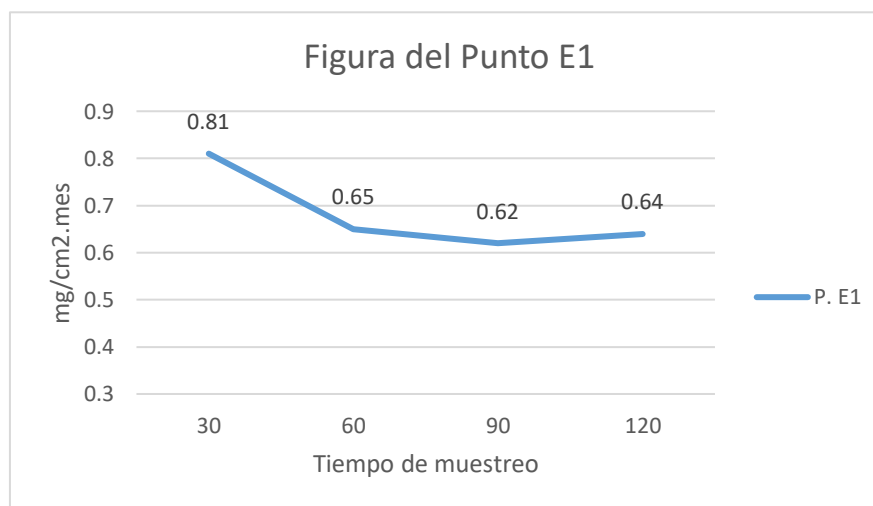


Figura 6: La figura nos muestra las partículas atmosféricas sedimentables en mg/cm²/mes.

Tabla 10

Resultados totales del monitoreo de PAS en mg/cm²/mes.

Tiempo (días)	Punto A1 (Terminal Terrestre) mg.	Punto B1 (Cementerio) mg.	Punto C1 (Sector de esparcimiento) mg.	Punto D1 (Sector centro) mg.	Punto E1 (Sector I.E. F.I.R.) mg.
30	0.66	0.44	0.41	0.46	0.81
60	0.58	0.43	0.42	0.44	0.65
90	0.51	0.36	0.48	0.39	0.62
120	0.78	0.45	0.41	0.45	0.64
Promedios	0.6325	0.42	0.43	0.435	0.68

La tabla nos muestra todos los resultados obtenido del monitoreo de partículas atmosféricas sedimentables en los 5 sectores en los que estaba constituido el estudio, apreciamos que el punto 1 (A1) y el punto 5 (E1) superan los límites permisibles.

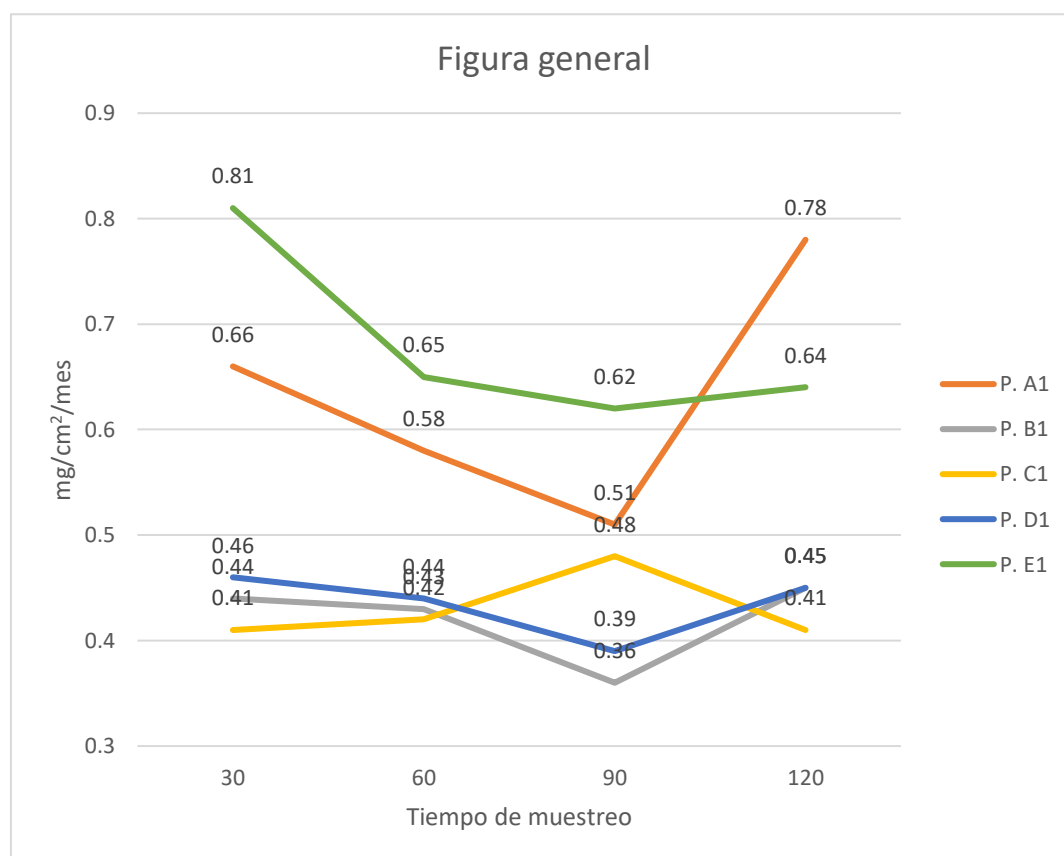


Figura 7: La figura nos muestra las partículas atmosféricas sedimentables de los 5 sectores de Morales.

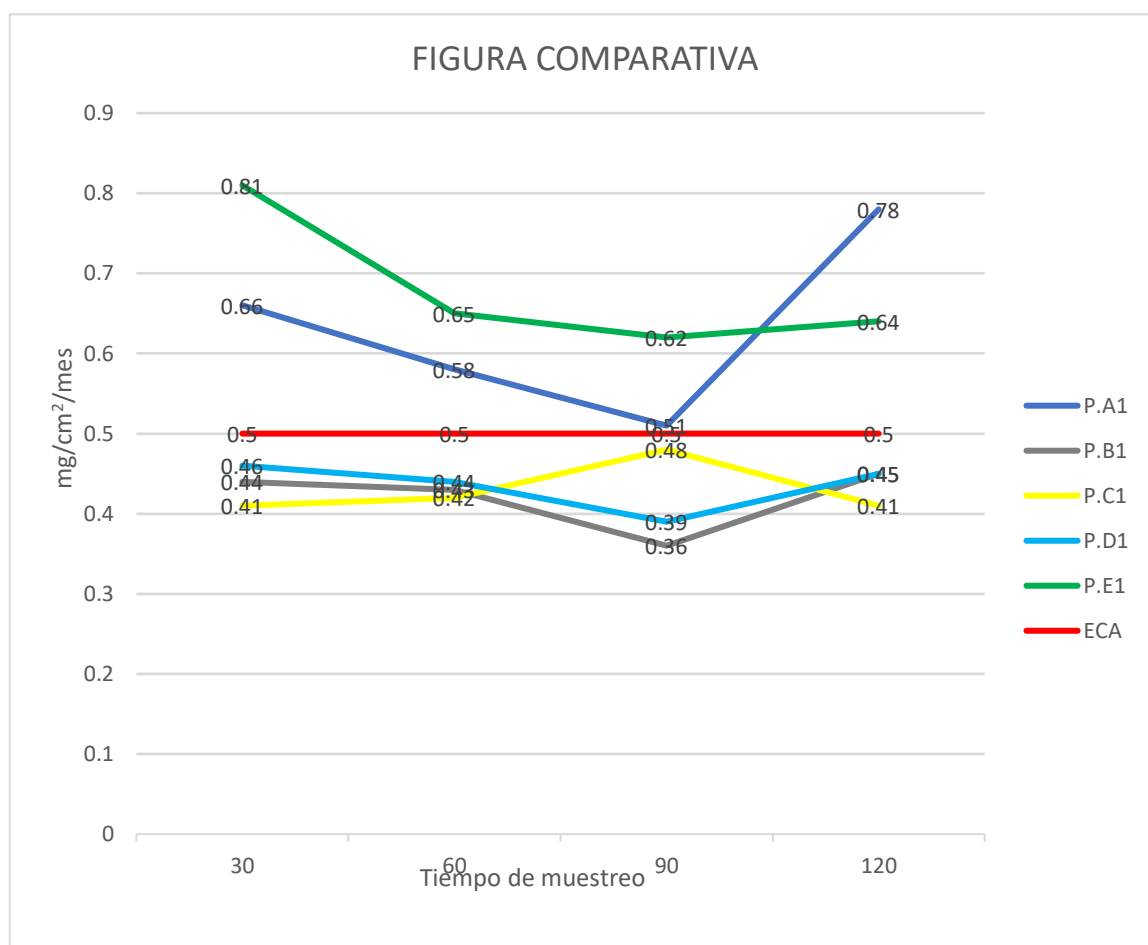


Figura 8: La figura comparativa con el ECA, en la figura VIII, podemos observar claramente que el P1 y el P5, superan los límites planteados por los ECA's, esto debido a factores de tránsito, calles no asfaltada, actividades de construcción y comercio ambulatorio.

Análisis de varianza.

Para el análisis de varianza se obtuvo aplicando el siguiente cuadro para un ANVA de un diseño completamente al azar.

Tabla 11
Análisis de Varianza

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
Media	1	Myy	M		
Tratamiento	t – 1	Tyy	T	M/E	
Error exp.	t (n – 1)	Eyy	E	T/E	
TOTAL	tn				

Nota: Recuperado de Ostle, 1983.

Calculo para el análisis de varianza:

$$\begin{aligned}\text{i)} \quad \Sigma Y^2 &= 0.66^2 + 0.44^2 + 0.41^2 + \dots + 0.45^2 + 0.64^2 \\ &= \mathbf{5.7265}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ii)} \quad Myy &= \frac{\Sigma T^2}{\eta} \\ &= \frac{10.39^2}{20} \\ &= \mathbf{5.3976}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{iii)} \quad Tyy &= \Sigma_{i=1}^5 \frac{T^2}{\eta_i} - Myy \\ &= \frac{2.53^2}{4} + \frac{1.68^2}{4} + \frac{1.72^2}{4} + \frac{1.74^2}{4} + \frac{2.72^2}{4} - Myy \\ &= 5.6461 - 5.3976 \\ &= \mathbf{0.2485}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{iv)} \quad Eyy &= \Sigma Y^2 - Myy - Tyy \\ &= 5.7265 - 5.3976 - 0.2485 \\ &= \mathbf{0.0804}\end{aligned}$$

Tabla 12
Resultados del ANVA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.	Significancia
Media	1	5.3976	5.3976			
Tratamiento	4	0.2485	0.062	11.56	3.056	*
Error exp.	15	0.0804	0.00536			
TOTAL	20					

Como **F.C.** Es mayor que **F.T.**, entonces existe significancia entre los puntos de muestreo, por consiguiente, se aplicara la prueba de DUNCAN al 5% de error.

Prueba de DUNCAN

i) Cálculo de desviación estándar:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{E}{N}} = \sqrt{\frac{0.00536}{4}} = 0.036$$

ii) Cálculo de la diferencia de límites de significancia:

$$DLS = AES_{(D)} \cdot S_{\bar{x}}$$

- Promedios de los tratamientos

$$A1 = 0.63$$

$$B1 = 0.42$$

$$C1 = 0.43$$

$$D1 = 0.435$$

$$E1 = 0.68$$

De la tabla de Duncan se obtiene, con los grados de libertad del error, 15.

Tabla 13

Comparaciones de tratamiento

Comparación	Diferencia absoluta	P	AES (D)	DLS (D)	Significancia
A1 vs B1	0.21	2	3.01	0.108	*
A1 vs C1	0.2	3	3.16	0.114	*
A1 vs D1	0.195	4	3.25	0.117	*
A1 vs E1	0.05	5	3.31	0.119	N.S.
B1 vs C1	0.01	2	3.01	0.108	N.S.
B1 vs D1	0.015	3	3.16	0.114	N.S.
B1 vs E1	0.26	4	3.25	0.117	*
C1 vs D1	0.005	2	3.01	0.108	N.S.
C1 vs E1	0.25	3	3.16	0.114	*
D1 vs E1	0.245	2	3.01	0.108	*

La siguiente tabla nos muestra que al analizar el cuadro de la prueba de Duncan al 5% de error concluimos que el P1 es diferente a P2, P3, P4, pero P1 es igual P5, asimismo el P2 es igual al P3 y al P4, pero diferente al P5, también podemos indicar que el P3 es igual al P4, pero diferente al P5 y el P4 es diferente al P5.

Cálculo de la varianza:

Se aplicará la siguiente ecuación:

$$S^2 = \frac{\sum X_i^2}{n} - \bar{X}^2$$

$$S^2 = \frac{0.66^2 + 0.44^2 + 0.41^2 + 0.46^2 + 0.81^2 + \dots + 0.78^2 + 0.452^2 + 0.41^2 + 0.45^2 + 0.64^2}{20} - 0.5192^2$$

$$S^2 = \frac{5.7265}{20} - 0.2695$$

$$S^2 = 0.2863 - 0.2695$$

$$S^2 = 0.0168 \quad \text{Varianza}$$

Calculo de la desviación estándar:

$$S = \sqrt{0.0168}$$

$$S = 0.129$$

Calculo del coeficiente de variación:

$$C.V. \% = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100$$

$$C.V. \% = \frac{0.129}{0.5192} \cdot 100$$

$$C.V. \% = 25\%$$

4.1.2. Mapa de Riesgo (Ver Anexo N° 1)

Interpretación: en el aérea o mapa de trabajo, se aprecia los puntos donde se ha hecho el monitoreo de las partículas atmosféricas sedimentables (PAS).

Observando claramente de acuerdo a los resultados obtenidos en el P1 es $0.6325 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$, en el P5 es $0.68 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$; lo que supera los límites permisibles planteado por los ECA's que es de $0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$.

Esto indica que la población del sector está en riesgo de contraer enfermedades bronquiales, especialmente la población más vulnerable (niños, embarazadas y adulto mayor).

4.2. Discusiones.

Las características socio ambientales de las zonas en estudio tiene una particularidad en cada punto que influye en los resultados de sedimentación de partículas, pudiendo esto variar según las actividades o modificaciones que puede tener el área, la zona 1 (A1), zona 2 (B1), zona 3 (C1), zona 4 (D1) y zona 5 (E1), que se encuentra con alto tránsito, calles no pavimentadas, áreas verdes, movimiento de peatones, esparcimiento, comercio. Influyen en la cantidad de partículas sedimentables, lo que diferencia al estudio realizado por la UNMSM en sus campus universitarios encontrándose resultados que superan los máximos permisibles, siendo el área con características diferentes. Indicando con esto que no solo las calles que no son pavimentada generan polvos en suspensión, también se atribuye a la dinámica de transporte y el estado de las unidades.

Los resultados obtenidos en el presente estudio nos indican que, en algunas zonas del distrito de Morales, existen sólidos en suspensión que superan los límites permisibles, planteadas por los Estándares de calidad ambiental (ECA) que es de $0.5 \text{ mg/cm}^2\text{.mes}$; esto debido a varios factores, calles no pavimentadas, actividades comerciales, tránsito fluido, el viento y otras actividades que se desarrollan en las zonas.

Los resultados de la zona 1 (A1), ubicado por el terminal terrestre es de $0.6325 \text{ mg/cm}^2\text{/mes}$ como promedio, resultado que supera los estándares máximos planteado por OMS, también en la zona 5 (E1), el promedio de partículas sedimentables es de $0.68 \text{ mg/cm}^2\text{/mes}$, superando el límite máximo.

En la zona 2 (B1), ubicado por el cementerio, la zona 3 (C1), ubicado por la zona de esparcimiento y la zona 4 (D1), ubicado por el centro de la ciudad tiene como promedio de partículas sedimentables 0.42, 0.43 y $435 \text{ mg/cm}^2\text{/mes}$, respectivamente, indicando con este resultado que esas zonas no superan los límites permisibles. Estos resultados son influenciados por las características que tienen cada zona y el comportamiento meteorológico

Teniendo como principal fuente generadora de estas partículas sedimentables.

En la zona 1, el alto tránsito vehicular, calles sin pavimentar y mucho flujo de personas hacen que la zona supere los estándares permisibles.

La zona 2 tiene la particularidad de que las calles están pavimentadas a pesar de tener tránsito fluido no ha superado los estándares, igual con las zonas 3 y 4 que tiene las mismas características mas no ha sucedido así con la zona 5, debido al alto tránsito, calles sin pavimentar y sobre todo por actividades de construcción que realizaron en las fechas del estudio, lo que influenció en el resultado final.

Realizado el análisis de varianza con las zonas en estudio de la ciudad de Morales, nos indica que existen diferencias significativas entre las zonas en estudio teniendo un $F_c = 11.56$ y $F_t = 3.056$, por lo que se aplicó la prueba de DUNCAN teniendo los resultados que se indica en el cuadro N°12

La varianza obtenida es de $s^2 = 0.0168$ lo que nos indica una variación con respecto a la media, corroborando con la desviación estándar que es de $s = 0.129$ y un C.V. $\% = 25\%$

Los resultados obtenidos de los puntos 1 (A1) y punto 5 (E1) con un promedio de 0.6325 y 0.68 mg/cm²/mes, superan los estándares ambientales establecidos por la OMS que es de 0.5 mg/cm²/mes, poniendo en riesgo a la población más vulnerables, niños y ancianos.

CONCLUSIONES

- Las características socio ambientales de las 5 zonas de estudio en la ciudad de Morales; presentan dos zonas que tienen características similares, la zona 1 (A1) y la zona 5 (E1), calles sin pavimento tránsito fluido y poca vegetación, es la razón por la cual los resultados obtenidos superan los límites permisibles.
- Las otras tres zonas también tienen características comunes, zona 2 (B1), zona 3 (C1) y la zona 4 (D1), calles pavimentadas, en su gran mayoría, comercio más ordenado. Factores condicionantes para las partículas sedimentables, cuyos resultados no superan los límites permisibles planteadas por los ECA's.
- De los resultados obtenidos del estudio sobre partículas sedimentables en las 5 zonas de la ciudad de Morales, se concluye que los factores socio ambientales influyen directamente en el contenido de partículas sedimentables como es el caso del presente estudio; las zonas cuyas calles no están pavimentada, y el desorden de las actividades económicas, son factores determinante en el contenido de sedimentos, como se aprecia que en las zonas donde las calles no son pavimentadas superan los límites permisibles planteada por los ECA's.
La zona 1 (A1) y la zona 5 (E1), superan a los límites permisibles, alertando con ello que debemos tomar medidas correctivas en estas zonas, tomar en cuenta que a futuro deben ser mejoradas las calles y el ornato, ordenar el tránsito en todos sus niveles.
- Las autoridades deben hacer un seguimiento a las actividades económicas de estas zonas para concientizar el accionar.
Conocidas las zonas de riesgo hacia la salud humana las autoridades deben tomar acciones correctivas en estas zonas, controlar y ordenar el sector.
- De los resultados mensuales también se concluye que las condiciones meteorológicas tienen una influencia directamente, en el contenido de partículas sedimentables, en el aire la temperatura y en las precipitaciones. Esta información obtenida permitirá tomar decisiones a las autoridades de la ciudad.

RECOMENDACIONES.

- Realizar otros estudios similares por medio de las municipalidades, estudiantes universitarios y/o público en general; tomando otras zonas de trabajo y en otros meses para ver los impactos que estos están generando.
- Desarrollar talleres de educación ambiental por medio de la municipalidad del Distrito de Morales, con los ambulantes transportistas y otros actores de la sociedad involucrados en el desarrollo.
- Las autoridades locales deberían definir el crecimiento de la ciudad a través de un plan de expansión, considerando el ordenamiento territorial.
- Generar un plan de desarrollo para la ciudad de Morales por medio de la municipalidad, aplicando la zonificación de las actividades económicas evitando un conflicto de uso.
- Generar convenios entre instituciones públicas y privadas, mediante las autoridades locales, para mantener un monitoreo constante de las zonas, con indicios de contaminación por partículas sedimentables.
- Generar un programa de arborización de las áreas libres y calles en general, por medio de la municipalidad del Distrito de Morales, para mitigar en parte la dispersión de los polvos generados por la actividad humana en la ciudad.
- La municipalidad del Distrito de Morales debe priorizar el ornato de las zonas con alto índice de partículas atmosféricas sedimentables, pavimentando las calles y arborizando las áreas libres.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Alley, R. y Associates Inc. (2000). *Manual de control de la calidad del aire*. Tomo 1. Mc Graw Hill. México, D. F. cap. 19.

Ayola, C. y Prieto, M. (2004). *Los sistemas terrestres y sus implicaciones medioambientales*. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid, España. pp.135-136.

Bances, E. y Azabache, Y. (2003). *Contaminación atmosférica y su impacto ambiental en la ciudad de Moyobamba*. Moyobamba, Perú.

Bernard, O. (1983). *Estadística aplicada*. Limusa, México.

Baird, C. (2004). *Química Ambiental*. Reverte S.A. Barcelona, España. pp. 116-133.

Córdova, M. (1996). *Estadística Descriptiva e Inferencial Aplicaciones*. Segunda edición. Lima, Perú.

De Nevers, N. (1998). *Ingeniería de control de la contaminación del aire*. Mc Graw Hill. México, D.F. pág. 183.

Economopoulos, A. (1993). *Evaluación de fuentes de contaminación del aire, agua y suelo. Guía sobre técnicas para inventario rápido de fuentes y su uso en la formulación de estrategias para el control ambiental. Parte: Técnicas para el inventario rápido de la contaminación ambiental*. OMS. Ginebra, Suiza.

Graedel, T.E. (1979). *Terpenoids in the atmosphere*. *Rev. Geophys.* Volume 17. Pp. 937-947.

<http://www.bvsde.ops-oms.org/sde/ops-sde/bvsde.shtml>

<http://www.estrucplan.com.ar>

- International Global Aerosol Programme. (1993). *IGAPworkshop*. Geneva, Suiza.
- Lozano, F. (2012). *Determinación del grado de partículas atmosféricas sedimentables, mediante el método de muestreo pasivo, zona urbana – ciudad de Moyobamba*. Moyobamba, Perú.
- Instituto Nacional de Ecología. (2003). *Manual N°3 – Redes. Estaciones y Equipos de Medición de la Calidad del aire*. México.
- Martinez, A. y Romien, I. (2010). *Introducción al monitoreo atmosférico*. Distrito Federal, Mexico.
- Molina, M. (2001). *Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire*. México.
- National Air Pollution Control Association. (1969). *Air Quality Criteria for Particulate Matter, AP-49*. Washington D.C., U.S.A.
- Organización Mundial de la Salud. (2005). *Guía y Normas de calidad del aire en exteriores*. Ginebra, Suiza.
- Rubén, M. (2009). *Estudio comparativo para determinación del polvo atmosférico sedimentable, empleado los métodos del tubo pasivo y de placas receptoras, en la ciudad universitaria de San Marcos*. Lima, Perú.
- Salvador, P. y Artíñano, B. (2000). *Evaluación de la Contaminación Atmosférica producida por Partículas en Suspensión en las Redes de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid*. Madrid, España.
- Schwartz J. and Dockery D.W. (1992). *Particulate Air Pollution and Daily Mortality in Steubenville, Ohio*. *Am. J. Epidemiology*. Ohio, U.S.A. Pp 135: 12-19.
- Schwartz J. and Marcus A. (1990). *Mortality and Air Pollution in London: a time series analysis*. *Am. J. Epidemiology*. Ohio, U.S.A. Pp 131: 185-94.

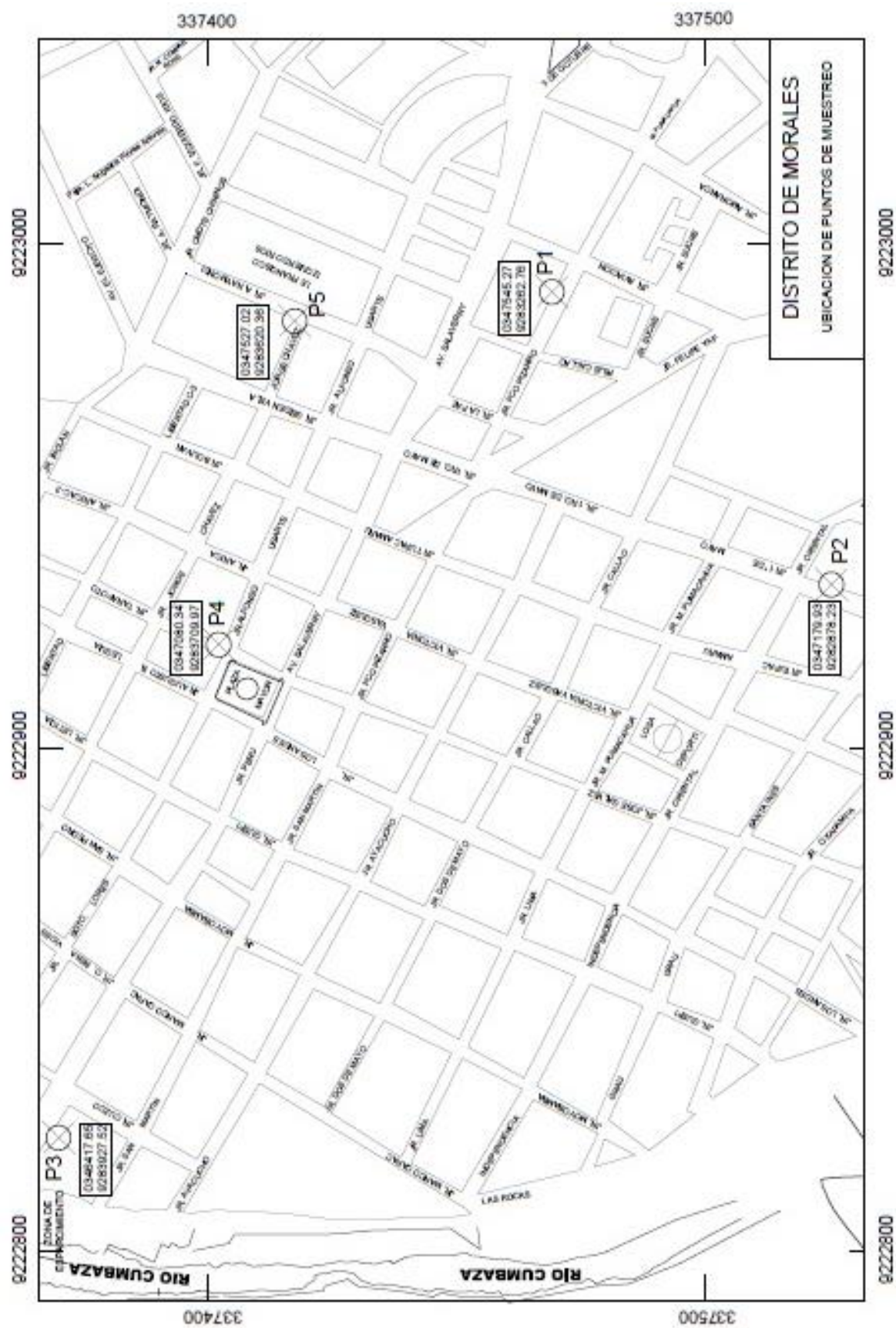
Silva et al. (2008). *Evaluación de la contaminación atmosférica en la zona metropolitana de Lima, Callao*. Lima, Perú.

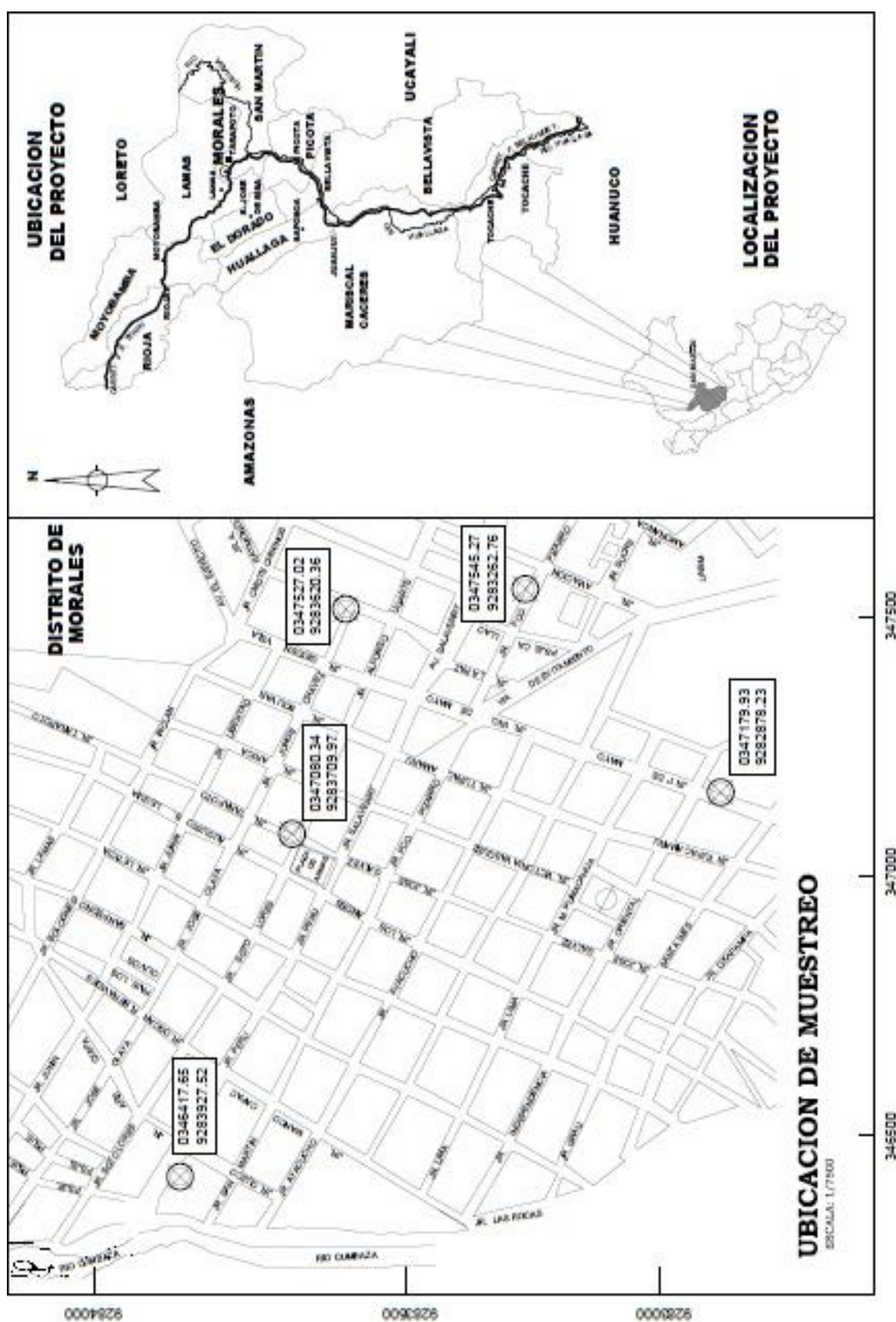
Spiro, T. y Stigliani, W. (1996). *Química Medioambiental*. 2a edición Pearson. Madrid, España. Pag. 225.

ANEXOS.

Anexo N° 01: Mapa de los puntos muestreados y análisis de riesgo:







Anexo N°02: Cuadro Resumen de Toma de Muestras. Cálculos:**a. PRIMERA PESADA:** 31/01/16**FORMULA DE P.S. (POLVOS SEDIMENTABLES).****1. PESOS DEL PUNTO 1 (Terminal terrestre).**

PS = PF – PI en gramos pasamos a miligramos.

P.I. = Peso de la placa Petri vacío = 44.20 g.

P.F. = Peso de la placa Petri más el polvo recogido = 45.3989 g.

$$PAS = 45.3989 \text{ g} - 44.20 \text{ g}$$

$$\mathbf{PAS = 1.1989 \text{ g.}}$$

Convirtiendo a Miligramos (**mg**).

$$PAS = 1.1989 \text{ g.} \times 1000 \text{ mg} / 60 \text{ cm}^2 / 30 \text{ dias}$$

$$\mathbf{PAS = 0.66 \text{ mg/cm}^2/\text{mes.}}$$

2. PESO DEL PUNTO 2 (Sector cementerio).

P.I. = 48.6000 g.

P.F. = 49.3849 g.

$$\mathbf{PAS = 0.44 \text{ mg/cm}^2/\text{mes.}}$$

3. PESO DEL PUNTO 3 (Sector de esparcimiento).

P.I. = 45.9000 g.

P.F. = 46.6398 g.

$$\mathbf{PAS = 0.41 \text{ mg/cm}^2/\text{mes.}}$$

4. PESO DEL PUNTO 4 (Plaza de Armas).

P.I. = 46.1000 g.

P.F. = 46.9268 g.

$$\mathbf{PAS = 0.46 \text{ mg/cm}^2/\text{mes.}}$$

5. PESO DEL PUNTO 5 (Sector I.E. Francisco Izquierdo Ríos).

P.I. = 36.4000 g.

P.F. = 37.8653 g.

PAS = 0.81 mg/cm²/mes.**b. SEGUNDA PESADA 03/03/16**

1. PESOS DEL PUNTO 1 (Terminal terrestre).

P.I. = 45.5000 g.

P.F. = 46.5433 g.

PAS = 0.58 mg/cm²/mes.

2. PESO DEL PUNTO 2 (Sector cementerio).

P.I. = 33.5000 g.

P.F. = 34.2739 g.

PAS = 0.43 mg/cm²/mes.

3. PESO DEL PUNTO 3 (Sector de esparcimiento).

P.I. = 47.6000 g.

P.F. = 48.3564 g.

PAS = 0.42 mg/cm²/mes.

4. PESO DEL PUNTO 4 (Plaza de Armas).

P.I. = 43.1000 g.

P.F. = 43.8938 g.

PAS = 0.44 mg/cm²/mes.

5. PESO DEL PUNTO 5 (Sector I.E. Francisco Izquierdo Ríos).

P.I. = 36.9000 g.

P.F. = 38.0672 g.

PAS = 0.65 mg/cm²/mes.

c. TERCERA PESADA 03/04/16

1. PESOS DEL PUNTO 1 (Terminal terrestre).

P.I. = 42.2000 g.

P.F. = 43.1183 g.

PAS = 0.51 mg/cm²/mes.

2. PESO DEL PUNTO 2 (Sector cementerio).

P.I. = 48.6000 g.

P.F. = 49.2535 g.

PAS = 0.36 mg/cm²/mes.

3. PESO DEL PUNTO 3 (Sector de esparcimiento).

P.I. = 45.9000 g.

P.F. = 46.7565 g.

PAS = 0.47 mg/cm²/mes.

4. PESO DEL PUNTO 4 (Plaza de Armas).

P.I. = 46.1000 g.

P.F. = 46.8172 g.

PAS = 0.39 mg/cm²/mes.

5. PESO DEL PUNTO 5 (Sector I.E. Francisco Izquierdo Ríos).

P.I. = 35.2000 g.

P.F. = 36.3176 g.

PAS = 0.62 mg/cm²/mes.

d. CUARTA PESADA 03/05/16

1. PESOS DEL PUNTO 1 (Terminal terrestre).

P.I. = 45.5000 g.

P.F. = 46.9110 g.

PAS = 0.78 mg/cm²/mes.

2. PESO DEL PUNTO 2 (Sector cementerio).

P.I. = 33.5000 g.

P.F. = 34.3207 g.

PAS = 0.46 mg/cm²/mes

3. PESO DEL PUNTO 3 (Sector de esparcimiento).

P.I. = 47.6000 g.

P.F. = 48.3319 g.

PAS = 0.41 mg/cm²/mes.

4. PESO DEL PUNTO 4 (Plaza de Armas).

P.I. = 43.10000 g.

P.F. = 43.9013 g.

PAS = 0.45 mg/cm²/mes.

5. PESO DEL PUNTO 5 (Sector I.E. Francisco Izquierdo Ríos).

P.I. = 36.9000 g.

P.F. = 38.0580 g.

PAS = 0.64 mg/cm²/mes.

Anexo N° 03: Panel fotográfico:

FOTO N° 1: PESADA DE LAS PLACAS PETRI UNSM-FIAI



FOTO N° 2: PUNTO N° 1 DE MMUESTREO SECTOR TERMINAL TERRESTRE



FOTO N° 3: PUNTO 2 DE MUESTREO SECTOR CEMENTERIO



FOTO N°4: PUNTO 3 DE MUESTREO SECTOR DE ESPARCIMIENTO



FOTO N° 5: PUNTO 4 DE MESTREO SECTOR PLAZA DE ARMAS



FOTO N° 6: PUNTO N° 5 DE MUESTREO SECTOR I.E. FRANCISCO
IZQUIERDO RIOS

